

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**PROPOSTA DE ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO OURO NO MUNICÍPIO DE
PIRASSUNUNGA (SP)**

LUIZ FERNANDO LOSSARDO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

São Carlos

2014

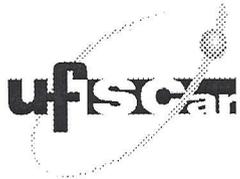
**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

L881pz Lossardo, Luiz Fernando.
 Proposta de zoneamento geoambiental da bacia
 hidrográfica do Ribeirão do Ouro no município de
 Pirassununga (SP) / Luiz Fernando Lossardo. -- São Carlos
 : UFSCar, 2015.
 147 f.

 Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,
 2014.

 1. Zoneamento ambiental. 2. Planejamento regional. 3.
 Gerenciamento de bacias hidrográficas. 4. Pirassununga
 (SP). I. Título.

CDD: 574.5262 (20^a)



FOLHA DE APROVAÇÃO

LUIZ FERNANDO LOSSARDO

Dissertação defendida e aprovada em 06/10/2014
pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. Reinaldo Lorandi
Orientador (PPGEU/UFSCar)

Prof. Dr. Sérgio Antônio Röhm
(PPGEU/UFSCar)

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
(PPGEU/UFSCar)

Dr. Marcos Massoli
(IG/SMA/SP)

Prof. Dr. Celso Augusto Clemente
(ESALQ/USP)

Profª Drª Léa Cristina Lucas de Souza
Coordenadora do PPGEU

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai, ao Filho e ao Espírito Santo por terem abençoado e cuidado da minha vida. Agradeço a minha esposa Viviane Vencel, que me apoiou e incentivou nas horas difíceis. Agradeço ao meu orientador Reinaldo Lorandi, que sempre me deu as diretrizes corretas para o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo reunir informações sobre o meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro em Pirassununga-SP visando, além de um melhor entendimento do local, o subsídio para a discussão da gestão ambiental e do desenvolvimento mais sustentável do território abrangido por esta área de estudo através do seu zoneamento geoambiental. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro está localizada em quase sua totalidade no município de Pirassununga, interior de São Paulo, totalizando uma área de 12.594,81 ha ou 125,94 Km² de extensão, estando integralmente contida na Bacia do Rio Mogi Guaçu. Por se tratar de uma região limítrofe do Planalto Ocidental Paulista e da Depressão Periférica Paulista, ambos da unidade morfoestrutural da Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná, o relevo da área de estudo varia entre ondulado e suave ondulado respectivamente. Após todo processo de levantamento, utilização de ensaios laboratoriais existentes, trabalho de campo para checagem de informações, análises fotointerpretativas e geoprocessamento, foram gerados novos materiais cartográficos importantíssimos, entre eles a Carta de Zoneamento Geoambiental. A proposta de zoneamento resultante deste trabalho apresentou 17 zonas geoambientais distintas, as quais procuram demonstrar as suas principais características, fragilidades e cenários para o futuro uso e ocupação mais sustentáveis destas áreas.

Palavras chaves: zoneamento geoambiental, planejamento regional, gerenciamento de bacia hidrográfica, Pirassununga (SP).

ABSTRACT

This study aimed to gather information about the physical environment in the Basin Ribeirão do Ouro in Pirassununga, SP to, and a better understanding of the place, the subsidy for the discussion of environmental management and more sustainable development of the territory covered by this area of study through its zoning geoenvironmental. The Basin Ribeirão do Ouro is located almost entirely in the city of Pirassununga, São Paulo, totaling an area of 12,594.81 hectares or 125.94 square kilometers in length and are fully contained in the basin of Rio Mogi. Because it is a region bordering the western plateau and Paulista Paulista Peripheral Depression, both unit morphostructural the Paraná Sedimentary Basin, the relief of the study area varies between undulated and wavy respectively. After all survey process, using existing laboratory tests, field work for checking of information, analysis through the use of technologies of remote sensing and GIS, cartographic materials were generated new very important, among them, the Charter Zoning Geoenvironmental. The zoning proposal resulting from this work showed 17 geoenvironmental distinct areas, which seek to demonstrate its main features, weaknesses and future scenarios for the use and occupation of these areas more sustainable.

Keywords: geoenvironmental zoning, regional planning, watershed management, Pirassununga (SP).

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2: Localização da BHRO nos compartimentos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.</i>	
<i>Fonte: CBH-MOGI (2008), adaptado pelo autor.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3: Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, adaptado pelo autor.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4: Mapa Geomorfológico da área de estudo, adaptado pelo autor.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5: As províncias estruturais do Brasil. À esquerda as treze províncias, com acréscimo das Parecis, Subandina e Margem Continental Equatorial (Hasui, 2012) e à direita as quinze províncias adotadas pelo CPRM - Serviço Geológico do Brasil.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6: Mapa das Eras Geológicas do Brasil. Fonte: Schobbenhaus e Neves (2003).....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 7: Mapas das principais unidades geológicas que ocorrem no Estado de São Paulo. Fonte: Schobbenhaus e Neves (2003) e Hasui (2012).</i>	<i>41</i>
<i>Figura 8: Mapa Geológico do Estado de São Paulo, adaptado pelo autor. Fonte: Perrotta et al. (2005).</i>	<i>42</i>
<i>Figura 9: Mapa Geológico da Bacia do Mogi-Pardo, adaptado pelo autor.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 10: Mapa das Formações Geológicas de Superfície, adaptado pelo autor. Fonte: São Paulo-IG (1981) e Melo (1995).</i>	<i>44</i>
<i>Figura 11: Representação esquemática da Classificação dos aquíferos de acordo com o tipo de porosidade da rocha. Fonte: Iritani e Ezaki (2008).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 12: Representação esquemática dos aquíferos livres e confinados.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 13: Mapa de Domínios e subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, adaptado pelo autor. Fonte: Feitosa et al (2008).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 14: Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, adaptado pelo autor.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 15: Mapa de Hidrogeologia da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, adaptado pelo autor. Fonte: CBH-MOGI (2008).....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 16: Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos, adaptado pelo autor.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 17: Climas do Brasil, adaptado pelo autor. Fonte: Feitosa et al (2008).....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 18: Mapa da classificação climática da Bacia Hidrográfica do Mogi Guaçu, adaptado pelo autor. Fonte: CBH-MOGI (2008).....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 19: Mapa das Formações Vegetais do Brasil adaptado pelo autor.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 20: Mapa Florestal de Pirassununga, adaptado pelo autor.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 21: Fluxograma para desenvolvimento do banco de dados e da carta de zoneamento geoambiental da BHRO. Fonte: Autor 2013.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 22: Exemplo de ocorrência em campo da atividade de cultivo de cana-de-açúcar em estágio de crescimento. Fonte: Autor 2013.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 23: Exemplo de ocorrência da atividade de pastagem em área do Campus da USP.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 24: Exemplo de ocorrência de mata ciliar próximo de nascente. Ao fundo, morrote conhecido popularmente como “Morro da Cantareira” e o início da escarpa a sua direita.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 25: À frente cultivo de cana-de-açúcar em estagio avançado e ao fundo, exemplo de ocorrência da vegetação nativa ao longo da escarpa. Fonte: Autor 2013.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 26: Visualização 3D da BHRO, utilizada para auxiliar na identificação das unidades e elementos de terreno. Fonte: Autor 2013.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 27: Imagem parcial de uma área já urbanizada, próxima ao cruzamento da Avenida Painguás com a Rua Duque de Caxias Norte, em Pirassununga, onde existem riscos de inundações. Do lado direito, a menos 3 metros, está o leito do Ribeirão do Ouro. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 28: Imagem da Zona Geoambiental 02, próxima à ponte sobre o Córrego Tijuco Preto, a oeste da BHRO. Fonte: Autor 2014.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 29: Imagem da Zona Geoambiental 03, com atividade de cultivo de cana-de-açúcar. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 30: Imagem da Zona Geoambiental 04, próxima à divisa com o município de Porto Ferreira. À direita da estrada SP 328 apresenta atividade agrícola de plantio de cana-de-açúcar e à esquerda, laranja. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 31: Imagem do acesso ao Aterro Sanitário do município de Pirassununga, dentro da Zona Geoambiental 05. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 32: Imagem do inicio de processo erosivo em área de plantio de cana-de-açúcar dentro da Zona Geoambiental 06, à leste da área urbana de Pirassununga. Fonte: Autor 2014.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 33: Imagem do inicio de processo erosivo em direção à região de uma nascente, dentro da Zona Geoambiental 06, à leste da área urbana de Pirassununga.</i>	<i>92</i>

<i>Figura 34: Imagem panorâmica da região sul da BHRO, entre o aeroclube de Pirassununga e o Ginásio Presidente Médici. Esta área, bem como, cerca de 90% da malha urbana de Pirassununga está dentro da Zona Geoambiental 06. Fonte: Prefeitura Municipal de Pirassununga 2005.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 35: Imagem de talude próximo ao cruzamento entre a Rodovia Anhanguera e via interna do Campus USP, pertencente a Zona Geoambiental 08. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 36: Imagem de área de pastagem no interior do Campus USP, pertencente a Zona Geoambiental 08. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 37: Imagem da Zona Geoambiental 09, próxima à área de expansão urbana no setor norte do perímetro urbano de Pirassununga. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 38: Imagem do acesso ao cemitério localizado na Zona Geoambiental 09.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 39: Imagem da Zona Geoambiental 10 ao fundo. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 40: Imagem das rochas intrusivas básicas presentes na Zona Geoambiental 12. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 41: Imagem da Zona Geoambiental 13, próxima à cabeceira da BHRO. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 42: Imagem da Zona Geoambiental 15. Embora seja considerado morrote, este local é popularmente conhecido como “Morro da Cantareira”. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 43: Imagem da Zona Geoambiental 16 no acesso ao Clube Anhanguera, próximo à passagem do Ribeirão do Ouro sob a Rodovia Anhanguera. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 44: Quantificação das áreas das Zonas Geoambientais na BHRO. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 45: Percentual das Zonas Geoambientais na BHRO. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 46: Mapa de Evolução Urbana de Pirassununga. Fonte: Pirassununga (2007).....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 47: Mapa de Zoneamento Urbano de Pirassununga. Fonte: Pirassununga (2007).....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 48: Quantificação das classes de ordenamento territorial na BHRO. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>113</i>

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1: Metodologias geoambientais. Fonte: Junqueira, 2012.....</i>	<i>24</i>
<i>Quadro 2: Resumo dos Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais nos anos de 2007 e 2012.....</i>	<i>60</i>
<i>Quadro 3: Resumo dos Limites críticos de ocupação do meio frente os valores de ocupação. Fonte: Adaptado de Zuquette, 1987.....</i>	<i>67</i>
<i>Quadro 4: Pontuação dos atributos do meio físico utilizados para a elaboração da carta potencial de escoamento superficial, (PEJON, 1992), citado por Galiano, 2001.....</i>	<i>80</i>
<i>Quadro 5: Delimitação das Unidades Básicas de Compartimentação.</i>	<i>83</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Principais unidades de terreno e critérios de reconhecimento. Fonte: Lollo (1996).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 2: Termos para descrever os principais atributos das unidades e critérios de descrição. Fonte: Lollo (1996).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 3: Classes de Declividade e valores de ocorrência em área.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 4: Principais atividades de uso e cobertura do solo vigentes na BHRO.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 5: Quantificação das Zonas Geoambientais na BHRO. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabela 6: Quantificação das classes de ordenamento territorial da BHRO. Fonte: Autor 2014.....</i>	<i>112</i>

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE QUADROS	9
LISTA DE TABELAS	10
SUMÁRIO	11
1. INTRODUÇÃO	13
2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	15
2.1. Justificativa.....	15
2.2. Objetivos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Meio ambiente e Zoneamento Geoambiental.....	18
3.2. A bacia hidrográfica como unidade do Zoneamento Geoambiental.....	29
3.3. Geoprocessamento e o Zoneamento Geoambiental.....	31
4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.1. Localização e aspectos gerais da BHRO	34
4.2. Aspectos Geomorfológicos.....	35
4.3. Aspectos Geológicos.....	38
4.4. Aspectos Hidrogeológicos	45
4.5. Aspectos climatológicos e da vegetação.....	53
4.6. Aspectos Sócio-econômicos.....	58
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	61
5.1. Metodologia	61
5.2. Plano de trabalho.....	63
6. COLETA DE DADOS E RESULTADOS PARCIAIS	65
6.1. Mapa Cadastral.....	65
6.2. Mapa de Hipsometria	66
6.3. Carta de Declividades.....	66
6.4. Mapa das Sub-Bacias e Áreas de Contribuição.....	68
6.5. Mapa de Uso, Cobertura do Solo e Restrições à Ocupação.....	68
6.6. Mapa de Pluviosidade.....	73
6.7. Mapa de Formações Geológicas de Superfícies	74
6.8. Mapa de Materiais Inconsolidados	77
6.9. Carta Escoamento Superficial.....	80
6.10. Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação.....	81

7. RESULTADOS FINAIS E DISCUSSÃO	85
7.1. Carta de Zoneamento Geoambiental da BHRO	86
7.2. Tendências da ocupação urbana da BHRO e recomendações para o ordenamento territorial	106
7.3. Tendências da ocupação rural da BHRO e recomendações para o ordenamento territorial	109
7.4. Carta Síntese de Diretrizes para o Ordenamento Territorial	111
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
10. APÊNDICES	124
APÊNDICE 01 – Mapa Cadastral	124
APÊNDICE 02 – Mapa de Hipsometria	126
APÊNDICE 03 – Carta de Declividades	128
APÊNDICE 04 – Mapa das Sub-Bacias e Áreas de Contribuição	130
APÊNDICE 05 – Mapa de Uso, Cobertura do Solo e Restrições à Ocupação	132
APÊNDICE 06 – Mapa de Pluviosidade	134
APÊNDICE 07 – Mapa de Formações Geológicas de Superfície	136
APÊNDICE 08 – Mapa de Materiais Inconsolidados	138
APÊNDICE 09 – Carta de Escoamento Superficial	140
APÊNDICE 10 – Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação	142
APÊNDICE 11 – Carta de Zoneamento Geoambiental	144
APÊNDICE 12 – Carta Síntese de Diretrizes para o Ordenamento Territorial	146

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento dos recursos naturais, sem a incorporação da vertente ambiental tem originado diversos problemas, os quais levam à necessidade de tratá-los de maneira sistêmica, buscando sempre adequá-los aos princípios do desenvolvimento sustentável como valorização, preservação e utilização adequada dos recursos que a natureza nos proporciona. Nos dias atuais, quando se fala em desenvolvimento sustentável, associa-se ao novo paradigma do desenvolvimento. Na prática, a maior parte dos problemas ambientais envolve disfunções de caráter social, cuja solução depende decisivamente da esfera política e econômica.

Os desafios ambientais devem ser colocados no contexto de um esforço abrangente que possam convergir os conhecimentos e as práticas baseadas no domínio técnico da natureza com as vivências da filosofia, da religião, da arte e até do senso comum. Por outro lado, a utilização de áreas para ocupação territorial sem sua adequada gestão, pode comprometer igualmente a preservação da biodiversidade, uma das grandes preocupações do movimento ecológico. A sua conservação e o desenvolvimento sustentável devem estar lado a lado em projetos de ocupação.

Ao longo dos últimos trinta anos, os Estados brasileiros de modo geral foram submetidos a um intenso processo de ocupação territorial. Este processo, responsável pelo desenvolvimento sócio-econômico do país, trouxe consigo a explosão demográfica, problemas associados ao uso e ocupação do solo e os consequentes impactos ambientais. Neste processo, assumem importância crescente os desmatamentos generalizados ao longo das vias de penetração, com a implantação de numerosos núcleos urbanos, muitos dos quais transformados nos dias de hoje em pujantes municípios, aos quais se associam carências de infra-estrutura, tanto na área urbana como na rural.

A questão ambiental evoluiu paralelamente à intensificação da ocupação dos espaços e dos fenômenos associados à globalização. A polêmica do desenvolvimento (ou crescimento) econômico *versus* preservação (ou conservação) de recursos naturais promoveu importante ruptura dentro das modernas teorias do crescimento econômico e desta forma, entende-se que ao defender o meio ambiente, promove-se melhoria na exploração dos recursos naturais e ao mesmo tempo impulsiona-se o crescimento econômico.

Mas o fato é que o crescimento urbano acelerado e muitas vezes mal ordenado é uma realidade comprovada e bastante discutida em todo mundo. Juntamente com o aumento da população, há uma grande elevação na porcentagem de pessoas vivendo nas cidades, onde, embora o aumento dessa população e a conseqüente ampliação das cidades ocorram dia a dia, o crescimento da infraestrutura urbana necessária a proporcionar melhores condições de vida aos seus habitantes não acompanha a urbanização.

Ocorre, então, que a “velha e conhecida” angústia da falta de planejamento urbano parece estar sendo substituída, ou ao menos ofuscada, pela catástrofe ambiental em que vivem muitas cidades por todo o planeta e mais recentemente nas cidades brasileiras. Neste âmbito, a ordenação do crescimento acelerado das cidades é de fundamental importância, uma vez que, deve evitar que as influências desse crescimento se tornem prejudiciais ao meio ambiente e seus habitantes. Questões como desmatamentos, incêndios, aquecimento global, entre outros desequilíbrios ambientais, despertam a atenção mundial e motivam a sociedade a uma discussão em nível internacional, onde é proposto uma revisão de conceitos em relação à apropriação do território e a exploração dos recursos naturais.

Ainda nesse sentido, a primeira conferência mundial do meio ambiente (Estocolmo, 1972), iniciou as discussões internacionais sobre a necessidade de mudança de atitude e de estilo de desenvolvimento, onde uma mudança de paradigmas deve garantir o planejamento levando em consideração, além de interesses econômicos, as demandas sociais e a conservação da biodiversidade e do potencial geoambiental, evitando assim, a extrapolação dos seus limites físicos.

Vinte anos mais tarde, no ano de 1992, realizou-se no Rio de Janeiro a "Conferência das Nações Unidas sobre Meio-Ambiente e Desenvolvimento" (CNUMAD), também conhecida como ECO-92, onde foram produzidos vários documentos, entre eles destaca-se a Agenda 21", documento que melhor expressa as intenções mundiais, também chamado de Agenda 21 Global. Composto por recomendações e referências para alcançar o desenvolvimento mais sustentável, a Agenda 21 Global preocupa-se com os desdobramentos em nível de cada nação, com suas peculiaridades e características e também em nível de cada região e município, o que, conseqüentemente, emergiram diversos debates, dos quais o tema que merece destaque é o zoneamento ambiental.

2.JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

2.1.Justificativa

A cidade de Pirassununga (SP), segundo informação intitulada como *“Pirassununga supera a barreira dos 100 bairros”* divulgada pelo Jornal O Movimento - Caderno especial de Aniversário da Cidade de Pirassununga (SP), demonstra claramente que a sua área urbana não para de crescer até os dias de hoje. Ao completar 182 anos de existência, Pirassununga que começou tímida às margens do Ribeirão do Ouro, cresceu e se espalhou sobre seu território municipal e é constituída hoje de uma população de cerca de 70 mil habitantes, que habitam em 104 bairros.

Segundo informação obtida junto à Prefeitura do município, o processo para aprovação de um loteamento demora, em média, de seis meses a um ano. No momento (período de 2011 à 2014), tramitam na administração municipal, mais quatro solicitações com esta finalidade e se, por um lado, é motivo de contentamento observar-se o crescimento do número de bairros da cidade, por outro lado, cresce também a preocupação ante a perspectiva das necessidades da comunidade, no que se refere a investimentos nas áreas da saúde, educação, segurança, serviço social, etc., bem como no que se refere ao ordenamento territorial e ao planejamento urbano-ambiental.

De modo geral, a apropriação indiscriminada do território e dos recursos naturais, tem levado o mundo inteiro a assistir a uma crise ambiental de enormes proporções em muitos municípios brasileiros. Logicamente que, ao menos aparentemente, Pirassununga-SP não sofre com áreas de risco de deslizamento de encostas, grandes enchentes em áreas urbanas, entre outras catástrofes semelhantes às que tem-se visto na imprensa, mas será que os problemas como erosões, contaminações do solo, das águas, bem como as ocupações de áreas impróprias a urbanização não são pequenas catástrofes que revelam as contradições entre sociedade, a economia, os limites e as potencialidades do meio físico natural de Pirassununga? Como administrar estas contradições? Como formular e programar ajustes, prever e controlar transformações do meio físico em cidades como Pirassununga?

Por esta ótica, e tendo em vista que a Constituição Brasileira de 1998, em seu Artigo nº 225 assegura que "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações". Este trabalho procura mostrar como as novas técnicas de planejamento podem considerar mais profundamente os critérios e atributos do meio físico do território, utilizando o zoneamento geoambiental como um instrumento de planejamento urbano capaz de auxiliar na tomada de decisão e no subsídio ao planejamento ambiental, o qual deve direcionar as propostas de manejo e educação ambiental, garantindo dessa maneira a melhor sustentabilidade dos ecossistemas.

Assim, a proposta de Zoneamento Geoambiental é uma ferramenta muito eficaz para o planejamento urbano-ambiental da Bacia do Ribeirão do Ouro no Município de Pirassununga – SP, servindo para o disciplinamento e a tomada de decisão nos trabalhos de ordenamento territorial, gerenciamento de recursos hídricos e preservação ambiental desta área.

2.2. Objetivos

A proposta deste trabalho tem por objetivo principal a elaboração da Carta de Zoneamento Geoambiental, fornecendo e comprovando a hipótese da eficácia dessa poderosa ferramenta para o planejamento urbano-ambiental da Bacia do Ribeirão do Ouro no município de Pirassununga – SP, disponibilizando-a como instrumento de auxílio na avaliação geoambiental, permitindo analisar a viabilidade de ocupação e, conseqüentemente, a priorização e hierarquização das unidades geoambientais segundo a sua adequabilidade ao uso e ocupação.

Como objetivo específico, tem-se a elaboração do Zoneamento Geoambiental segundo a abordagem analítica, a partir da integração das informações contidas, todas na escala 1:50.000:

- Mapa Cadastral,
- Mapa de Hipsometria,
- Carta de Declividades,
- Mapa Pluviométrico,
- Mapa de Restrições à Ocupação,

- Mapa de Uso e Cobertura do Solo,
- Mapa de Sub-bacias e áreas de contribuição
- Mapa de Formações Geológicas de Superfícies,
- Mapa de Materiais Inconsolidados,
- Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação,
- Carta de Escoamento Superficial,
- Carta de Zoneamento Geoambiental e
- Carta de Diretrizes para o Ordenamento Territorial.

3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1.Meio ambiente e Zoneamento Geoambiental

As crescentes atividades modificadoras do meio ambiente, ou seja, aquelas relacionadas às interferências do homem e principalmente incitadas pelo consumismo desenfreado demonstram claramente que os recursos naturais não são infinitos. É notável, que ao longo da história da humanidade, a ideia de crescimento se confunde com o domínio e a transformação da natureza, fazendo-se necessário preliminarmente, portanto, um rápido entendimento do significado de “meio ambiente”.

Para os fins previstos na Lei Federal 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, entende-se como meio ambiente, “*o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas*”, assim como também estão definidos como recursos ambientais, “*a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora*” (BRASIL, 1981).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas por sua vez, o conceito de meio ambiente é definido como “*determinado espaço onde ocorre a interação dos componentes bióticos (fauna e flora), abióticos (água, rocha e ar) e biótico-abiótico (solo). Em decorrência da ação humana, caracteriza-se também o componente cultural*” (ABNT 1989).

O termo ambiente pode ser entendido ainda como aquele que inclui também as dimensões econômicas, sociais e culturais assim como definido por Fornasari Filho & Bitar (1995), “*o meio ambiente consiste na interação de componentes abióticos (rochas, ar e água), bióticos (vegetal e animal) e sociais e econômicos (humanos), considerados, respectivamente, em meio físico, biótico e sócioeconômico ou antrópico*”.

Fornasari Filho & Bitar (1995), esclarece também que os processos do ambiente podem ser separados em dois grupos:

- **Processos do meio físico** – decorrem de interações com predominância de componentes abióticos e referem-se ao desenvolvimento de sucessões de fenômenos potencializados pela interação de componentes materiais e tipos de energia, podendo ser deflagrado, acelerado ou retardado por agentes físicos, químicos e biológicos (fauna e flora).
- **Processos tecnológicos** – relacionam-se às interferências do homem no meio ambiente, sendo responsáveis pelas atividades modificadoras do mesmo.

Os elementos que compõem o ambiente natural se relacionam entre si, mas as atividades antrópicas provocam mudanças nas características do meio natural, causando, muitas vezes, alterações prejudiciais e irreversíveis ao ambiente e ao próprio homem. Portanto, algumas características do meio podem ser usadas como elementos que orientarão o planejamento de uma área, contribuindo para sua proteção e conservação, levando sempre em consideração as características antrópicas.

É importante salientar que o atual modelo de desenvolvimento consumista, onde o objetivo é crescer a qualquer custo, muitas vezes tem provocado profundas alterações no meio ambiente do planeta, nas quais se manifestam principalmente pelas notáveis tragédias ambientais que têm ocorrido nos dias de hoje. Paralelamente, às diversas atividades humanas que geram os mais diversos impactos ao meio ambiente, é importante salientar que existem, também, várias ações da sociedade, no sentido de exigirem desenvolvimento, produções e crescimentos econômicos sustentáveis e compatibilizados com o meio ambiente, tanto no meio rural quanto no meio urbano.

A realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) se deu em um momento do contexto brasileiro onde as preocupações com a proteção ambiental já alcançavam projeção nacional e assim, nesse momento, a Constituição Federal aprova capítulo específico sobre meio ambiente (Capítulo VI), onde estabelece em seu Art. 225 que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Graças a esta nova percepção sobre a temática ambiental, os problemas relacionados com a proteção do meio ambiente e com o desenvolvimento sustentável emergiram no centro do debate político do País, onde merece destaque o zoneamento ambiental.

Para Caubet e Frank (1993), o planejamento ambiental visa a reordenação do uso do solo de modo que a intervenção antrópica apresente a menor taxa de alteração possível, devendo garantir a integração dos projetos e, determinando a capacidade suporte do meio para as atuais e futuras atividades.

De acordo com Santos (2004) citado por Campanelli (2012), zoneamento corresponde à compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida a partir da avaliação dos atributos mais relevantes e de suas dinâmicas, onde cada um dos compartimentos apresenta-se como uma zona delimitada no espaço, que caracteriza-se por estrutura e funcionamento uniforme, alto grau de associação dentro de si, mas significativa diferença entre os outros compartimentos. Para cada zona atribui-se um conjunto de normas específicas, voltadas para o desenvolvimento de atividades socioeconômicas e para a conservação do meio ambiente.

A expressão Zoneamento, relacionada ao meio ambiente, foi por muito tempo atribuída às setorizações realizadas para apoiar planos de manejo em unidades de conservação, florestas, parques, etc. Relativo ao planejamento urbano e industrial, visando a destinação de áreas propícias à instalação de indústrias, a Lei 6.803/80 alavancou o que mais tarde seria declarado um instrumento de planejamento e gestão juntamente com os estudos e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA) e gerenciamento da bacias hidrográficas.

A política nacional do meio ambiente estabelecida pela referida Lei nº 6.938 (31 de agosto de 1981), uma das diversas leis que objetivam manter a qualidade do meio e fazem referência à utilização adequada (preservação) dos recursos, constitui o sistema nacional do meio ambiente que tem por objetivos gerais a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, com objetivo de assegurar no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Para a operacionalização e implementação da política nacional do meio ambiente foram instituídos instrumentos que são definidos pelo artigo 9º da mesma, e são relacionados pelo Decreto Nº 99224 de 06/06/90, onde pode-se destacar o Zoneamento Ambiental, o qual de acordo com a Lei Federal nº. 6.938/81 é considerado como uma integração sistemática interdisciplinar da análise ambiental ao planejamento do uso do solo, com objetivo de definir a gestão dos recursos ambientais.

Griffith (1995) por sua vez, definiu zoneamento ambiental como sendo a divisão de uma área geográfica em setores, nos quais determinadas atividades de uso e ocupação são permitidas ou não, de modo que as alterações dos recursos naturais decorrentes das necessidades antrópicas se harmonizem, na medida do possível, com a conservação do meio ambiente.

Brasil (2001), através do Estatuto da Cidade, principal referencial que estabelece as diretrizes gerais da política urbana no país, aborda o zoneamento ambiental como um importante instrumento do planejamento municipal, juntamente com o plano diretor, a gestão orçamentária participativa e a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo.

Rampazzo (2004), através de uma abordagem baseada na ecologia da paisagem, afirma que o zoneamento ambiental surge como um instrumento técnico do processo de planejamento para contextualizar um sistema ambiental em um conjunto de zonas ou unidades com características distintas.

Nota-se portanto que, conforme afirma Campanelli (2012), podem existir vários tipos de zoneamento, os quais são utilizados para diferentes finalidades, como por exemplo pode-se citar também o zoneamento para o desenvolvimento de atividades agrícolas e de sistemas de agroecológicos, o qual vem se destacando no Brasil como um instrumento utilizado para a produção sustentável de cana-de-açúcar, principalmente no que diz respeito à seleção de terras potenciais para a expansão dos cultivos.

Merece destaque, ainda, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), pelo fato de se tratar de um instrumento de planejamento e ordenamento do território, o qual busca harmonizar as relações econômicas, sociais e ambientais que nele acontecem, além de subsidiar a formulação de políticas territoriais voltadas à proteção ambiental, melhoria das condições de vida da população e redução dos riscos de perda de capital natural e de serviços ecossistêmicos.

O Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, em regulamentação ao art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, define o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE como um instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a

assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

Em consonância com proposições geossistêmicas, Rodrigues (2001) explica que as atividades de zoneamento representam uma síntese do conhecimento adquirido em relação aos fatores ambientais, econômicos e sociais de uma determinada área geográfica. Nesse sentido, o zoneamento conhecido como (geo) ambiental enfatiza os aspectos físicos e ambientais, assumindo como premissa que o reconhecimento das condições ecogeodinâmicas existentes pode garantir o uso e ocupação adequados da paisagem e do solo. Por condições ecogeodinâmicas, entende-se o conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos atuando e interagindo ao longo do tempo com ciclos e dinâmicas particulares resultantes destas interações que ocorrem em um dado espaço, conceito adaptado a partir dos trabalhos de Tricart (1977).

Rodrigues (2001), explica também que o zoneamento geoambiental apoia-se nos princípios de interdisciplinaridade, síntese, abordagem multiescalar e dinâmica, princípios que são comuns a grande parte das ciências naturais. Estes princípios representam a necessidade de compreender e valorizar a dinâmica dos ambientes para a execução de programas de gestão e ordenamento territorial, incluindo-se a capacidade de realização de prognoses sobre a dinâmica do ambiente.

Segundo Jiménez-Rueda (1995), o zoneamento geoambiental consiste no exame sistemático de uma região com a finalidade de obter informação sobre as variáveis litológicas, morfoestruturais, microclimáticas, fisiográficas e coberturas/unidades de alteração intempérica, definindo com isto as zonas geoambientais, que apresentam as potencialidades de suporte do meio físico de acordo com os condicionadores naturais, em função dos modificadores sócio-econômicos. Estas informações permitem a adequação das necessidades sócio-econômicas às possibilidades físicas e ecológicas da região, resultando na ocupação ordenada e sustentável do território.

Brasil (1984) define a expressão zoneamento geoambiental como a setorização do espaço geográfico, de acordo com as suas potencialidades, restrições e problemas, estimando-se os limites máximos para a sua exploração racional, tendo em vista a conservação do meio ambiente.

De acordo com Ohara et al. (2003), citado por Junqueira (2012), o zoneamento geoambiental deve ter como meta o fornecimento de subsídios técnicos para orientar e elucidar a tomada de decisões na implementação de alternativas de desenvolvimento regional compatíveis com a sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais.

Fontes (2004), por sua vez, diz que o Zoneamento Geoambiental também auxilia o monitoramento de espaços degradados para o apoio a programas de monitoramento permanente, permitindo o acompanhamento sistemático dos resultados da conservação do solo e controle da degradação ambiental associado às alterações gradativas das condições geoambientais em relação a solos e vegetação. Ainda segundo o autor acima citado, em geral, nas regiões tropicais e subtropicais a ocorrência dos problemas geoambientais está relacionada aos processos de erosão, escorregamentos e processos correlatos, assoreamentos, inundações, contaminação de aquíferos e impermeabilizações da superfície, associados à ação antrópica.

Dessa maneira, pode-se entender que a caracterização de áreas homogêneas de zoneamento geoambiental em uma unidade de bacia hidrográfica permite a implementação de políticas públicas de incentivo ao melhor aproveitamento e ordenamento do espaço, possibilitando o desenvolvimento econômico-social das populações envolvidas, aliado à conservação do meio ambiente, permitindo a continuidade de um desenvolvimento mais sustentável.

É importante salientar ainda que existem diversas metodologias empregadas em trabalhos de zoneamento geoambiental, onde de acordo com Cendrero (1989), irão se diferenciar em função das características geológicas e climáticas, do nível de ocupação humana e das atividades predominantes em cada região onde são aplicadas.

Cendrero (1989) explica, também, que os métodos empregados na interpretação e avaliação dos componentes ambientais espacializados podem ser ainda classificados em analíticos e sintéticos, onde, segundo Moraes (2008), entende-se que os métodos analíticos fundamentam-se na elaboração e sobreposição de uma série de mapas temáticos para a obtenção de mapas de diagnóstico, enquanto os métodos sintéticos partem da definição de unidades ambientais homogêneas para o estabelecimento de diretrizes para o uso do solo.

A abordagem analítica com a utilização do método de superposição de mapas temáticos consiste na confecção de mapas relativos aos fatores ambientais para posterior sobreposição, visando a avaliação ambiental de acordo com conceitos de fragilidade – dando origem aos mapas de restrição e aptidão (Moraes, 2003). Este método tem sido muito utilizado na elaboração de propostas de zoneamento (Souza, 1990).

Faria (1989, citado por Sobreira, 1995) ressalta que, de uma maneira geral, as metodologias de ordenamento territorial podem ser divididas em dois grupos principais:

- Metodologias que apresentam as características geológicas como base para caracterização de domínios e obtenção de aptidões do terreno.
- Metodologias que consideram os aspectos geológicos de maneira não aprofundada.

Sobreira (1995) salienta que as metodologias, do primeiro e segundo grupos, apresentam como fator comum à representação dos territórios por meio de mapas de vários tipos, os quais servem de base para a orientação de decisões futuras dos organismos de planejamento.

Junqueira (2012) apresenta claramente as principais metodologias que utilizam as características geológicas como base para obtenção de aptidões do terreno, as quais estão descritas no quadro abaixo.

Quadro 1: Metodologias geoambientais. Fonte: Junqueira, 2012

Autores	Objetivos	Parâmetros
Cendrero (1975)	Elaborar o zoneamento geoambiental a partir de comparações de feições geológicas ambientais com a capacidade de reuso e uso atual da terra e da água, obtendo desta forma um mapa de geologia ambiental.	<i>Landforms</i> , propriedades físicas do substrato rochoso e depósitos superficiais, assembleias biológicas e feições antrópicas
Cendrero (1983)	Elaborar um mapeamento geocientífico como ferramenta na avaliação e planejamento do meio ambiente. Para a preparação de mapas temáticos descritivos, mapas derivados ou de qualidades significantes e mapas de conflito de uso recomendado do solo.	Mapa de depósito superficiais e substrato rochoso, vegetação, feições estruturais, declividade, orientação, dados climáticos, <i>landforms</i> e processos e uso do solo.
Frances et al (1990)	Elaborar uma ferramenta no diagnóstico de unidades territoriais, na fase de planejamento e gestão do uso da terra. Enfocando nas diferentes escalas de análise como Diretrizes de Ordenamento Territorial – DTO (escala regional); Plano de	

	gestão e Uso dos Espaços Naturais (implantação de parques naturais) e Plano de ordenamento urbano do Município (escala de detalhe).	
Lopes (2000)	Elaborar o zoneamento para bacias hidrográficas como unidades de planejamento	Geologia, pedologia, materiais inconsolidados, menor extensão do percurso de águas superficiais, entre outros. Sendo as unidades de análise os <i>landforms</i> , e determina as características de potencial a infiltração, potencial agrícola e susceptibilidade a erosão do meio.
Vedovello (2000)	Elaborar o zoneamento geoambiental a partir de uma abordagem fisiográfica, em que os elementos são analisados integradamente. Sua metodologia consiste em três etapas: Compartimentação do terreno; Caracterização geotécnica e Cartografia temática final ou de síntese.	Compartimentação do terreno: identificação de zonas com características e propriedades geológico-geotécnicas homogêneas; Caracterização geotécnica: determinação das características e propriedades geotécnicas das áreas delimitadas; Cartografia temática final ou de síntese: onde as unidades definidas nas etapas anteriores são analisadas e classificadas em termos de fragilidades e potencialidades do terreno.
Amorim (2003)	Elaborar o zoneamento geoambiental com fins ao planejamento territorial, baseado nas condições brasileiras e nos procedimentos e produtos da cartografia geotécnica. A definição do zoneamento geoambiental foi feita a partir de procedimentos de geoprocessamento, envolvendo de análises por agrupamentos (cluster). Esta análise estatística permitiu verificar a adequação do uso dos <i>landforms</i> como unidade de compartimentação.	Geomorfológicos, geológicos, o comportamento geotécnico dos solos e a aptidão agrícola.
Ohara Et al. (2003)	Elaborar o zoneamento geoambiental a partir da análise climática, geomorfológica e pedoestratigráfica.	São considerados principalmente os aspectos: geológicos (limites litológicos e aloestratigráficos); morfotectônicos (falhas, juntas e fraturas); morfoestruturais (alto e baixos estruturais); climáticos ; de alteração intemperica (alterações físicas ou químicas na estrutura das rochas); fisiográficos; pedoestratigráficos, ecológicos e/ou aspectos antigos e atuais da paisagem
Fontes (2004)	Elaborar o zoneamento geoambiental a partir da adoção de unidades de Ottobacias como regiões base para compartimentação e análise do meio físico, segundo um nível	Substrato rochoso, materiais inconsolidados,

	de homogeneidade	declividade, drenagem e landforms.
Zuquette & Gandolfi (2004)	<p>Elaborar uma carta de zoneamento geoambiental com análise de documentos cartográficos preliminares, os quais são divididos em quatro grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Documentos Fundamentais Básicos – mapa de substrato rochoso, mapa de qualidade das águas, mapa das feições de terreno (landforms), mapa dos materiais inconsolidados, carta de declividade, mapa de bacias hidrográficas, mapa de profundidade do nível de água, mapa das áreas úmidas, mapa de geologia estrutural, mapa de feições resultantes dos processos geológicos, mapa das feições do tecnogeno, mapa das condições hidrogeológicas, mapa de documentação e mapa climático; • Cartas Fundamentais de Síntese – carta de zoneamento geotécnico geral, mapa de condições geológico-geotécnicas e carta de restrições; • Cartas Derivadas ou Interpretativas – carta para fundações, carta das condições de drenabilidade, carta para escavabilidade, carta para erosividade e erodibilidade, carta de potencial ao escoamento superficial e infiltração, carta de potencial agrícola, carta para irrigação, carta das zonas de recarga, carta para disposição de rejeitos e resíduos, carta de potencial e corrosividade, carta para exploração das águas, carta de potencial para estocagem subterrânea, carta para estradas, carta de potencial para minerais e materiais para construção civil; • Cartas Analíticas Básicas – carta de probabilidade de ocorrência de eventos naturais, carta das áreas degradadas, carta de diagnósticos das zonas degradadas, carta de possibilidade de ocorrer eventos perigosos, carta de passivos ambientais (meio físico), carta de potencial de erosão, carta das áreas sujeitas a eventos perigosos (tipo x áreas), cartas para gestão ambiental. 	São selecionados atributos de acordo com a finalidade da carta e peculiaridades do local de estudo

Destaca-se a metodologia apresentada por Vedovello (2000), a qual observa três etapas básicas para a obtenção de um zoneamento geotécnico: **compartimentação do terreno** (identificação de zonas com características e propriedades geológico-geotécnicas homogêneas); **caracterização geotécnica** (determinação das características e propriedades geotécnicas das áreas delimitadas); e **cartografia temática final ou de síntese** (onde as unidades definidas nas etapas anteriores são analisadas e classificadas em termos de fragilidades e potencialidades do terreno).

Dentre as características gerais da compartimentação, Vedovello (2000), aponta que a análise da forma de ocorrência dos elementos componentes do meio físico (ou elementos fisiográficos) vai depender do nível taxonômico e/ou hierárquico considerado, uma vez que, segundo o referido autor, a ocorrência de uma determinada unidade de relevo, em qualquer situação taxonômica, não determina, sozinha, a ocorrência dos demais elementos fisiográficos (geológicos, pedológicos, etc).

Assim, para elementos de natureza geológica, por exemplo, pode-se considerar o tipo litológico, em uma escala mais detalhada, ou o "grupo" geológico em

uma escala mais geral. De maneira geral, pode-se dizer que os procedimentos para a compartimentação baseiam-se na análise dos elementos componentes do meio físico, que podem ser de natureza geológica, geomorfológica, pedológica, vegetacional, etc., e da identificação de aspectos locais desses elementos ou seja, das suas formas de ocorrência (por exemplo: granito ou gnaiss; morrotes ou colinas; florestas ou cerrados; etc).

A estrutura metodológica apresentada foi aplicada em estudos voltados a subsidiar o planejamento e o gerenciamento ambiental de diferentes regiões do Estado de São Paulo, onde pode-se destacar as aplicações do método na região de Ubatuba. Neste trabalho, Vedovello (2002) apresenta a relação entre os níveis taxonômicos adotados e as condições morfoambientais e genéticas do terreno da seguinte forma:

- Província: A divisão em província é determinada pelas diferentes formas de ocorrência dos elementos fisiográficos relacionados à modelagem tectonoclimática em nível regional. Corresponde assim a compartimentos tectônicos atuais, os quais englobam regiões com diversidade genética, submetidas atualmente às mesmas condições climáticas na regência de sua evolução.

- Zona: A determinação de zonas é feita em função da forma de ocorrência dos elementos fisiográficos relacionados a variações tectono-estruturais e de idade geológica. Constituem, então, áreas correspondentes a grupos de rochas com diferenças de ordem genética e de evolução tectônica, e que, portanto, oferecem "resistência" diversa à modelagem tectono-climática.

- Subzona: É uma compartimentação realizada com base nas formas de ocorrência dos elementos do meio físico determinadas por diferenças litoestruturais ou de sistemas de relevo ou de processos deposicionais. Constituem, então, áreas definidas em função do tipo litológico, da morfologia do relevo e do tipo de sedimento, os quais apresentam composição físico-química específica, que é condicionante da modelagem das formas da paisagem.

- Unidade: Corresponde a unidades básicas do terreno associadas à ocorrência de "geoformas". Considerou-se geoforma como uma parte do

terreno onde ocorre uma associação específica das formas de ocorrência dos vários elementos fisiográficos que compõem o terreno, e que são resultantes da dinâmica de evolução, exógena e endógena, e das propriedades intrínsecas (estáticas) dos elementos fisiográficos. Assim, uma geoforma apresenta litologia, forma de relevo, perfil de alteração, vegetação, etc. específicos e constantes na sua área de ocorrência.

A identificação de formas da paisagem, em geral do relevo, previamente conhecidas e reconhecidas na imagem pelo foto-intérprete, é um procedimento geralmente aplicado em fotografias aéreas, mas que atualmente vem sendo muito utilizado através da sistematização remota.

Vedovello (2000) explica que os produtos de sensoriamento remoto apresentam grande potencial para a realização de compartimentações fisiográficas, dependendo de um conhecimento prévio das formas da paisagem que se vai individualizar, bem como das características texturais associadas a essas formas.

Lollo (1996) explica que na base das aplicações da técnica de avaliação do terreno encontra-se a possibilidade de se dividir a área em estudo em unidades cada vez menores (função da escala e da finalidade pretendidas) a partir do uso de sensores remotos (preferencialmente) ou de trabalhos de campo, tendo-se como base sua uniformidade em termos de formas do terreno, para posteriormente proceder à avaliação das propriedades dos materiais presentes nestas unidades.

Segundo COOKE & DOORNKAMP (1990), citado por Lollo (1996), os procedimentos mais comumente utilizados para este tipo de análise são divididos em três níveis hierárquicos que são os sistemas de terreno, que correspondem a associações de formas ou unidades de terreno; as unidades de terreno, que são formas individuais como as colinas e morros; e os elementos de terreno, porções que compõem uma forma, como por exemplo, um topo de morro ou a vertente de uma colina.

Na Tabela 1 são apresentadas as principais unidades de terreno acompanhadas dos critérios de reconhecimento e na Tabela 2 são apresentados os termos utilizados para descrever os principais atributos das unidades de terreno, bem como os critérios de descrição destes termos.

Tabela 1: Principais unidades de terreno e critérios de reconhecimento. Fonte: Lollo (1996)

Unidade	Crítérios de reconhecimento
Escarpa	vertentes retilíneas com altas declividades (>20%), amplitude de relevo maior que 100m.
Colina	vertentes convexas ou côncavas, topos ondulados a aplainados, declividades moderadas a baixas (<10% na maioria dos casos), amplitude de relevo menor que 100m.
Vale	vertentes convexas ou côncavas, declividades variadas (desde muito baixas até altas), amplitude de relevo variada.
Morrote	vertentes predominantemente convexas, topos arredondados e angulosos, declividades moderadas a altas (> 10%), amplitude de relevo menor que 100m.
Morro	Vertentes convexas a retilíneas, topos ondulados a pontiagudos, declividades altas (>20%), amplitude de relevo maior que 100m.

Tabela 2: Termos para descrever os principais atributos das unidades e critérios de descrição. Fonte: Lollo (1996)

Significado	Termo	Dimensões ou descrição	Crítério de medida ou descrição
Expressão Geográfica (colina, morrote e morro)	Pequeno	< 1Km	Extensão maior (maior componente de extensão da forma)
	Médio	1 a 2 Km	
	Ampla	> 2 km	
Expressão Geográfica (vale)	Pequeno	< 1Km	Extensão maior (seção transversal do vale)
	Médio	1 a 2 Km	
	Ampla	> 2 km	
Forma da seção transversal (colina)	Ondulada	5 a 10 %	Declividade das vertentes
	Suave ondulada	2 a 5 %	
	Aplainada	< 2 %	
Forma do topo (morrote e morro)	Arredondado e anguloso	> 20 %	Declividade do topo
		< 20 %	
Forma do vale	Fechado	> 10 %	Declividade das vertentes
	Aberto	< 10 %	
Frequência de canais	Muito alta	> 15/Km ²	Número total de canais (inclusive ravinas) por Km ²
	Alta	7 a 15/Km ²	
	Média	3 a 7/Km ²	
	Baixa	< 3/Km ²	

3.2.A bacia hidrográfica como unidade do Zoneamento Geoambiental

A delimitação de uma área para a realização do Zoneamento Geoambiental varia de um trabalho para o outro, adotando-se quase sempre para a finalidade pretendida as unidades litológicas, unidades geomorfológicas, bacias hidrográficas, limites municipais, etc.

Segundo Figueiredo (2003), citado por Junqueira (2012), “a falta de um Plano de Zoneamento em áreas de risco ou potencialmente perigosa, permite o adensamento populacional desordenado das áreas vulneráveis que ficam sujeitas à ocorrência de acidentes com perdas materiais e humanas”. Junqueira (2012) complementa que “consideram-se áreas de risco como locais sujeitos à ocorrência de

fenômenos da natureza geológico-geotécnica e hidráulica que impliquem a possibilidade de perdas de vidas ou danos materiais”. Neste sentido, entende-se que em relação à delimitação de área de estudo para elaboração de um zoneamento, é muito importante considerar uma unidade de planejamento que contemple de forma relativamente homogênea todos os aspectos geológico-geotécnicos, relevo, drenagem, entre outros, de forma que esta unidade adotada se adeque o mais precisamente possível ao objetivo e características do estudo que será realizado.

Sabe-se que os recursos hídricos são insumos indispensáveis à vida e precisam ser preservados para a conservação do equilíbrio do meio ambiente. Dessa forma, visto que estes recursos estão relacionados a um ciclo hidrológico que possui várias fases, é importante entender como estes recursos ocorrem na natureza, inclusive do ponto de vista do escoamento superficial. Bielenk Junior (2012) define como Escoamento Superficial Direto (ESD), o escoamento superficial formado pela parcela não infiltrada, não retida e não interceptada, acrescida do escoamento subsuperficial e do escoamento de lençóis subterrâneos, completando ainda que a quantidade e qualidade desse escoamento dependem dentre outras características, de como a precipitação se distribui sobre uma área e do tamanho dessa área.

Bielenk Junior (2012) explica, ainda, que a superfície de escoamento não é ilimitada, mas depende do local (seção transversal de um canal) o qual possui a sua própria área de contribuição, denominada de bacia hidrográfica. A linha que delimita a área de contribuição da bacia ou a própria bacia é o divisor de águas, o qual, no caso do escoamento superficial, é claramente definido pela topografia. Segundo o referido autor, as bacias hidrográficas poder apresentar uma infinidade de formas e possuírem, ainda, sistemas de drenagem compostos por uma rede de canais com diversas formas e ramificações.

Para Montañó (2002) a bacia hidrográfica é considerada a unidade territorial mais adequada por alguns especialistas para uma gestão ambiental integrada que busque adotar práticas sustentáveis, considerando os aspectos físicos e econômicos.

Barrow (1998) conceitua amplamente as bacias hidrográficas como unidades biogeográficas com alto grau de integridade funcional, representando sistemas relativamente homogêneos. Para o autor cada bacia é única, com características geológicas, hidrológicas e ecológicas que a caracterizam como uma unidade de

paisagem operacional amplamente usada para o planejamento e o manejo integrado, buscando manter a qualidade ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Prochnow (1990) destaca que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento justifica-se não apenas porque a bacia constitui uma unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração como da finalidade de seus elementos, mas também porque não há qualquer área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia hidrográfica.

De acordo com a Lei 9.433/97 foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGR), no qual, através da criação dos comitês, os estados foram divididos em unidades de gerenciamento, de acordo com as bacias hidrográficas e afinidades geopolíticas, possibilitando que a gestão dos recursos hídricos no país ocorra de forma descentralizada, integrada e participativa.

Do ponto de vista da gestão de sistemas de recursos hídricos, Bielenk Junior (2012) esclarece ainda que esta tarefa combina uma gama variada de dados nos mais diferentes níveis de complexidade, onde, neste contexto faz-se necessária uma abordagem integrada de todas as variáveis no meio físico, a qual pode ser permitida e facilitada pelas funcionalidades de um Sistema de Informações Geográficas.

3.3. Geoprocessamento e o Zoneamento Geoambiental

Hoje em dia é claramente notável que o uso de ferramentas computacionais tem avançado muito no campo das ações de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço. Segundo Câmara & Medeiros (1998), neste contexto, vem se destacando o uso do geoprocessamento e suas ferramentas.

O termo geoprocessamento pode ser entendido como a tecnologia que utiliza técnicas computacionais para tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia utiliza ferramentas computacionais chamadas de sistemas de informações geográficas (SIG), as quais permitem realizar análises espaciais complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ou criar bancos de dados georreferenciados (Câmara & Medeiros, 1998).

O geoprocessamento vem influenciando de maneira crescente nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicação, energia e

planejamento urbano e regional. Com relação aos estudos ambientais os SIG vêm sendo muito empregados na realização de mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação e impacto ambiental e ordenamento territorial.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, baseada na Lei Federal 9433/1997, prevê como um de seus instrumentos de gestão os SIG's e dada a importância dos atuais sistemas de informações geográficas, a Agência Nacional das Águas já vem trabalhando na modelagem de um sistema capaz de agregar dados e fornecer subsídios aos gestores de recursos hídricos (Bielenk Junior, 2012). Segundo ainda Bielenk Junior (2012), as funcionalidades de um SIG não só permitem como facilitam as análises necessárias à atividades de gerenciamento dos recursos hídricos dentro de uma célula básica que é a bacia hidrográfica.

Os SIG's apresentam duas características principais, que são: 1) inserir e integrar, em uma base de dados única, informações espaciais obtidas de dados cartográficos, censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno e, 2) oferecer mecanismos para combinar os vários níveis de informação, por meio de operações de manipulação e análise, por algoritmos, bem como consultar, recuperar visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Atualmente, de forma sumarizada, os SIG, podem ser conceituados como sistemas de processamento de dados, que se apoiam em processos gráficos e capturam dados espacialmente referenciados, administrando e processando estes dados para aplicações no campo das geodisciplinas (Lopes, 2000).

Dale & Mclaughen (1990), afirmam também, que o ambiente computacional permite analisar dados de forma integrada, revolucionando o modo como as informações geográficas (fotografias aéreas e imagens de satélite), são manipuladas, as quais são freqüentemente usadas em pesquisas e nos processos de planejamento.

A grande adaptabilidade destes sistemas faz com que os SIG's tenham grande aplicação, podendo ser utilizados em processos de análise ambiental, de planejamento de uso da terra, de planejamento de uso de recursos hídricos, de economia, entre outras finalidades (Intera Tydac, 1992).

Resumidamente, as características principais dos SIG's segundo Câmara et al. (1996), são: integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; combinar as varias informações, por meio de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados e; consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo de base de dados geocodificados e georreferenciados.

Junqueira (2012) esclarece que *“dentro da conceituação de SIG, é evidente que podem ser atribuídas diversas funções nestes e serem utilizados conforme os objetivos dos usuários”*, existindo nesses sistemas duas grandes formas de organização as quais são *“a organização baseada num banco de dados geográficos (“a la dBASE”); e a organização baseada em projetos (“a la AutoCAD)”*. Segundo a referida autora, como exemplo do primeiro caso pode-se citar o SPRING e no segundo caso de classes de sistemas o software ArcGis.

Outra ferramenta considerada como sistema de informações geográficas é o AutoCad Civil 3D 2012 (Autodesk), o qual apresenta funcionalidades avançadas de mapeamento e interação com outros softwares e com imagens de satélite, apresentando também, uma ótima ferramenta de criação de superfícies dinâmicas, as quais podem ser facilmente manipuladas para a obtenção de diversos novos documentos cartográficos. De acordo com Simioni *et al.* (2013), a utilização do referido SIG apresenta resultados de alta precisão na realização de estudo de cartografia geoambiental.

É importante salientar, no entanto, que mesmo apresentando funcionalidades precisas e que favorecem otimizações de tempo nos trabalhos, os documentos gerados através dos SIG's devem ser criteriosamente analisados pelos indivíduos que os manipulam. Junqueira (2012) adverte que utilização dos SIGs não garante a certeza e a segurança de que o produto final corresponda às alternativas de soluções corretas e se por acaso, não houver um controle da qualidade do banco de dados, isto é, se este for impreciso e com erros, o resultado final será um mapa que na prática não terá significado e será impróprio para uso.

4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. Localização e aspectos gerais da BHRO

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro (BHRO) possui 12.594,81 há, trata-se de uma sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu e foi definida a partir do estabelecimento dos divisores de água identificados através da leitura e interpretação de cartas topográficas editadas pelo IBGE na escala de 1:50.000, englobando parte das folhas de Pirassununga, Descalvado, Leme e Corumbataí. A BHRO engloba predominantemente terras do município de Pirassununga (SP), cuja sede está dentro da referida área, incluindo ainda, uma pequena parte da região sul do município de Porto Ferreira (SP). Figura 1.

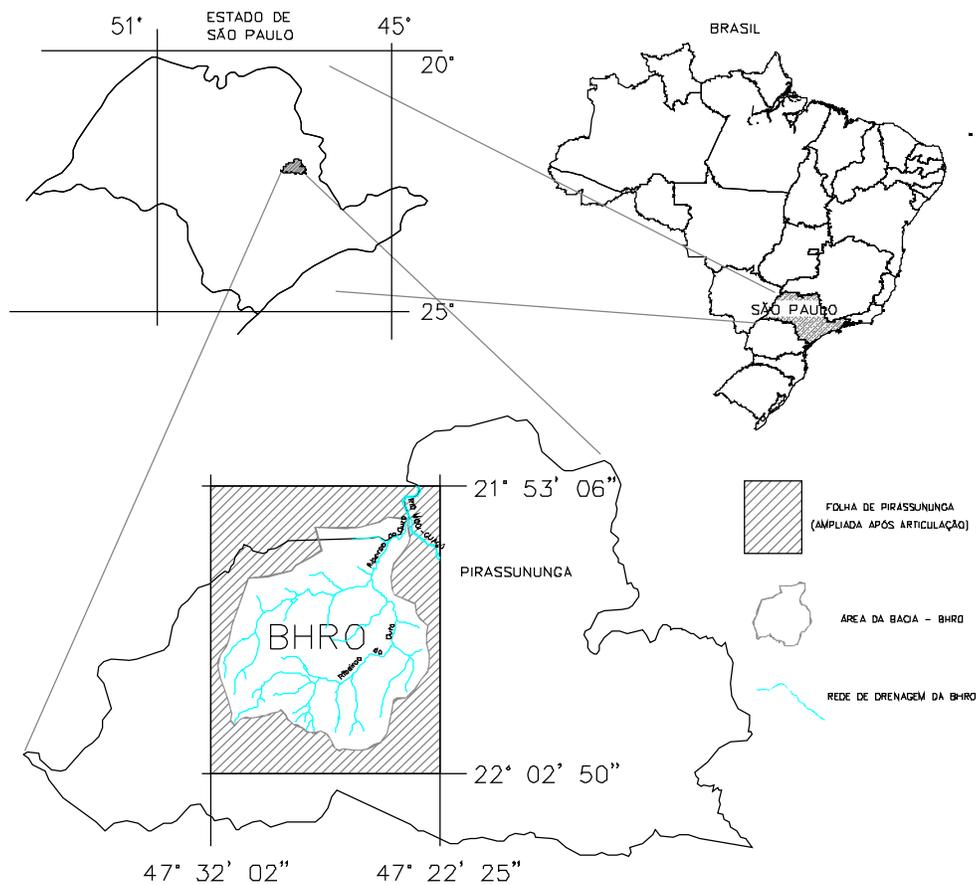


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro.
Fonte: IBGE (1971), adaptado pelo autor.

Especificamente pode-se dizer, ainda, que a BHRO é parte integrante da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 09, gerenciada pelo CBH-MOGI - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU, estando mais

precisamente localizada no compartimento denominado Médio Mogi, conforme ilustrado na Figura 2.

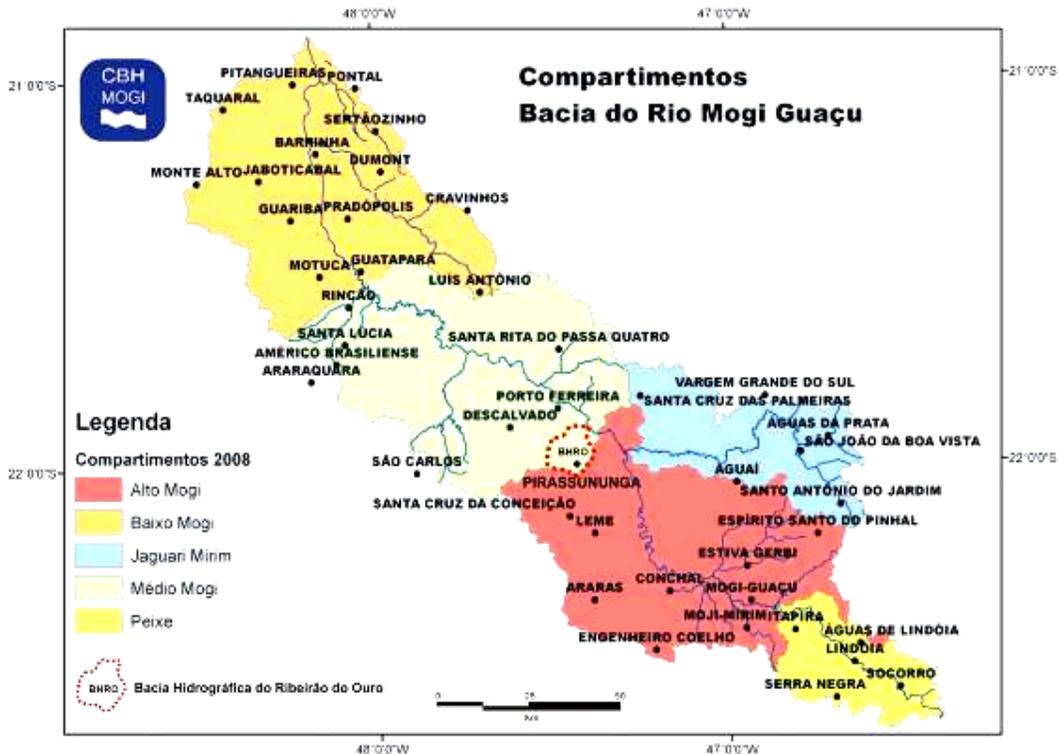
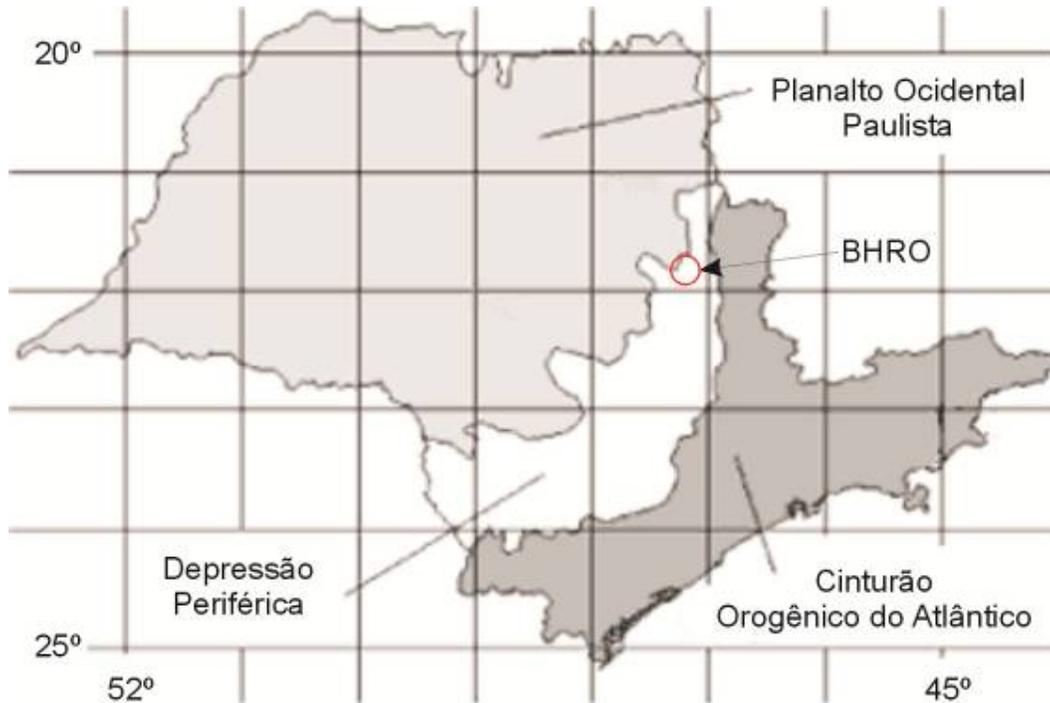


Figura 2: Localização da BHRO nos compartimentos da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.
Fonte: CBH-MOGI (2008), adaptado pelo autor.

4.2. Aspectos Geomorfológicos

As variações altimétricas da região de estudo são suaves e variam entre 540m, na foz do Ribeirão do Ouro no Rio Mogi-Guaçu, e 780m, nas cabeceiras mais elevadas da BHRO. Segundo a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo (São Paulo-FFLCH/USP-IPT-FAPESP, 1997), a área do projeto localiza-se na unidade morfoestrutural da Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná, abrangendo parcialmente duas unidades morfoesculturais, que são: Depressão Periférica Paulista com sua subunidade Depressão de Mogi-Guaçu, com as rochas sedimentares do Paleozóico, Cenozóico e algumas manchas de diabásio, e o Planalto Ocidental Paulista e sua subunidade Planalto Residual de São Carlos, com as rochas do grupo Bauru, os basaltos Serra Geral e a Formação Botucatu, como fora denominado no início do século XX (Queiroz Neto, 2001).

O Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo produzido por Ross & Moroz (1997) e adaptado para este trabalho (Figura 3), demonstra que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro encontra-se bem próximo à divisa entre o Planalto Ocidental Paulista e a Depressão Periférica, fato este que vem confirmar as informações até aqui pesquisadas sobre a matéria.



**Figura 3: Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, adaptado pelo autor.
Fonte: Ross & Moroz (1997).**

Outro material cartográfico em escala mais detalhada produzido por Ross & Moroz (1997), o Mapa Geomorfológico Parcial do Estado de São Paulo, permitiu a produção do Mapa Geomorfológico da área de estudo (Figura 4), o qual proporcionou um melhor entendimento das unidades presentes na BHRO. Através deste novo material foram observadas, confirmadas e definidas as delimitações de duas unidades morfoesculturais pertencentes à unidade morfoestrutural da Bacia Vulcano Sedimentar do Paraná, sendo elas: Planalto Ocidental Paulista e sua subunidade Planalto Residual de São Carlos e Depressão Periférica Paulista com sua subunidade Depressão de Mogi-Guaçu.

O Planalto Ocidental Paulista ocupa praticamente 50% da área total do Estado de São Paulo, sendo que o relevo desta morfoescultura é, em geral, levemente ondulado, com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplanados. O

Planalto Ocidental Paulista apresenta uma pequena parcela da subunidade na região da BHRO, que é o Planalto Residual de São Carlos.

A unidade morfoescultural identificada pelo número 16 no Mapa Geomorfológico parcial do Estado de São Paulo é denominada Planalto Residual de São Carlos e corresponde ao reverso da Cuesta no interflúvio Tietê/Mogi Guaçu. Localiza-se entre o Planalto Central Ocidental e a Depressão Periférica Paulista. Nessa unidade, predominam formas de relevo denudacionais, cujo modelado dessa unidade se constitui basicamente por colinas de topos convexos (Dc) e tabulares (Dt).

A Depressão Periférica Paulista ocupa quase a totalidade da área do projeto e pertencente a esta unidade, a Depressão de Mogi Guaçu, que aparece como unidade morfoescultural e se caracteriza pelo predomínio de formas de relevo denudacionais.

A unidade morfológica denominada Depressão de Mogi Guaçu é identificada no mapa pelo número 19 e localiza-se na porção centro-norte do Estado de São Paulo, entre o Planalto Atlântico (Planalto do Rio Grande e Planalto de Serra Negra/Lindóia), a leste; o Planalto Ocidental Paulista (Patamares Estruturais de Ribeirão Preto e Planalto Residual de São Carlos) a oeste; a Depressão do Médio Tietê, ao sul; e o Estado de Minas Gerais ao norte.

Nessa unidade, predominam formas de relevo denudacionais, cujo modelado desta unidade se constitui basicamente por colinas de topos tabulares amplos (Dt12), onde os vales são entalhados até 20m e a dimensão interfluvial oscila entre 1.750 a 3.750m. As altimetrias predominantes estão entre 500 e 650m, e as declividades predominam entre 05 e 10%. A litologia é representada basicamente por arenitos finos, arcóseos, argilitos, siltitos, calcários e folhelhos, e os solos são do tipo Latossolo Vermelho-amarelo, Latossolo Vermelho-escuro e Podzólico Vermelho amarelo. A drenagem nessa unidade de relevo apresenta um padrão dendrítico, com algum condicionamento estrutural. O padrão dendrítico é bastante frouxo, tendendo por vezes a um tipo retangular. Os rios principais dessa unidade são o Rio Mogi Guaçu e o Rio Pardo. Ela apresenta padrão de dissecação baixo, com vales pouco entalhados e com densidade de drenagem baixa (Ross & Moroz, 1997).

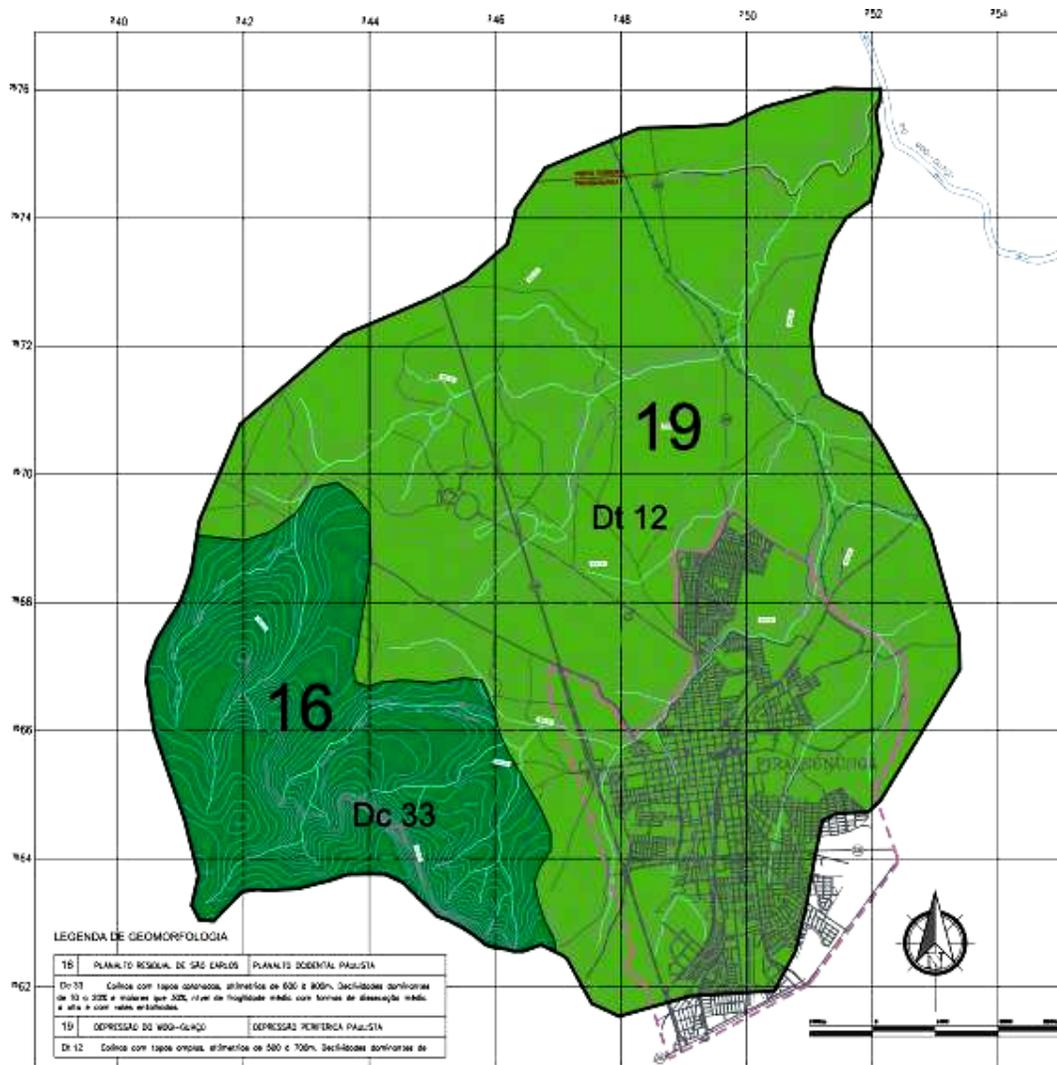


Figura 4: Mapa Geomorfológico da área de estudo, adaptado pelo autor.
Fonte: Mapa Geomorfológico parcial do Estado de São Paulo (Ross & Moroz, 1997).

Embora as formas de relevo que constituem a região de estudo apresentem suas declividades predominantes, é importante salientar que é necessário investigar mais detalhadamente este tema, motivo pelo qual, deverá ser gerada a Carta de Declividades e a Carta de Hipsometria em escala adequada para seu devido fim.

4.3. Aspectos Geológicos

Com o objetivo de obter um melhor entendimento sobre os aspectos geológicos da área de estudo, este tópico inicia-se através de um breve quadro geral da Geologia do Brasil. O território brasileiro é constituído por vasta gama de rochas formadas ao longo do Tempo Geológico, desde cerca de 3,5 Ga (Paleoarqueano) até os dias de hoje.

Considera-se que elas são relacionadas com ciclos de supercontinentes, embora não se tenha ainda consolidado cabalmente essa relação, por falta de mais dados paleomagnéticos e também geológicos, geofísicos, geoquímicos e geocronológicos. (Hasui, 2012)

Por motivos de ordem expositiva da Geologia de um País de dimensões continentais, Almeida *et al.* (1977) e Almeida *et al.* (1981) aplicaram para o Brasil o conceito de províncias estruturais, onde, resumidamente, foram separadas dez províncias. Praticamente em todas as províncias é reconhecida a possibilidade de subdivisões igualmente naturais (domínios, subprovíncias, etc.), que são ganhos adicionais do conhecimento das duas últimas décadas. Estas subdivisões ainda não estão formalizadas, mas são praticamente consensuais. Uma atualização foi adotada pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, separando quinze províncias. Hasui (2012) adota a proposta original, com acréscimo das Províncias Subandina e Parecis, e a distinção da Margem Continental Equatorial e da Margem Continental Leste, totalizando treze províncias (Figura 5).

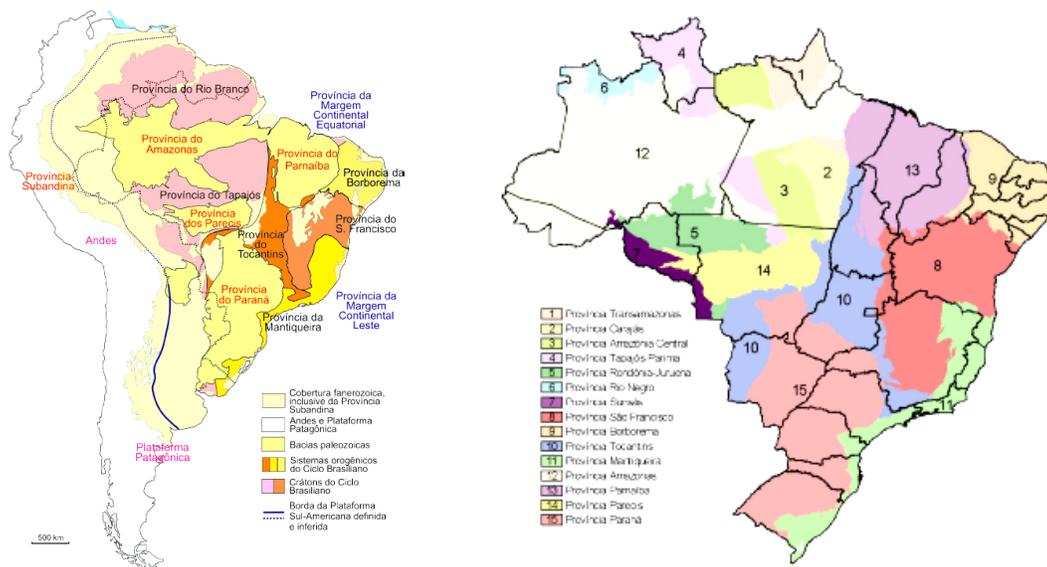


Figura 5: As províncias estruturais do Brasil. À esquerda as treze províncias, com acréscimo das Parecis, Subandina e Margem Continental Equatorial (Hasui, 2012) e à direita as quinze províncias adotadas pelo CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

Com relação às unidades cronoestratigráficas ou geocronológicas, Schobbenhaus & Neves (2003) explicam que o Brasil possui representação de todas as grandes unidades cronoestratigráficas/geocronológicas da escala do tempo geológico, à exceção do Eoarqueano. Segundo os referidos autores, a representação cartográfica dos diversos eratemas/eras no território brasileiro foi obtida por acentuada

sintetização do Mapa Geológico do Brasil, onde as cerca de 1.200 unidades litoestratigráficas foram condensadas em 60 unidades litoestratigráficas maiores, indicadas em 10 diferentes mapas de geologia fortemente condensada. Estas sessenta unidades foram agrupadas de acordo com as eras geológicas representadas na conforme representada pela Figura 6.

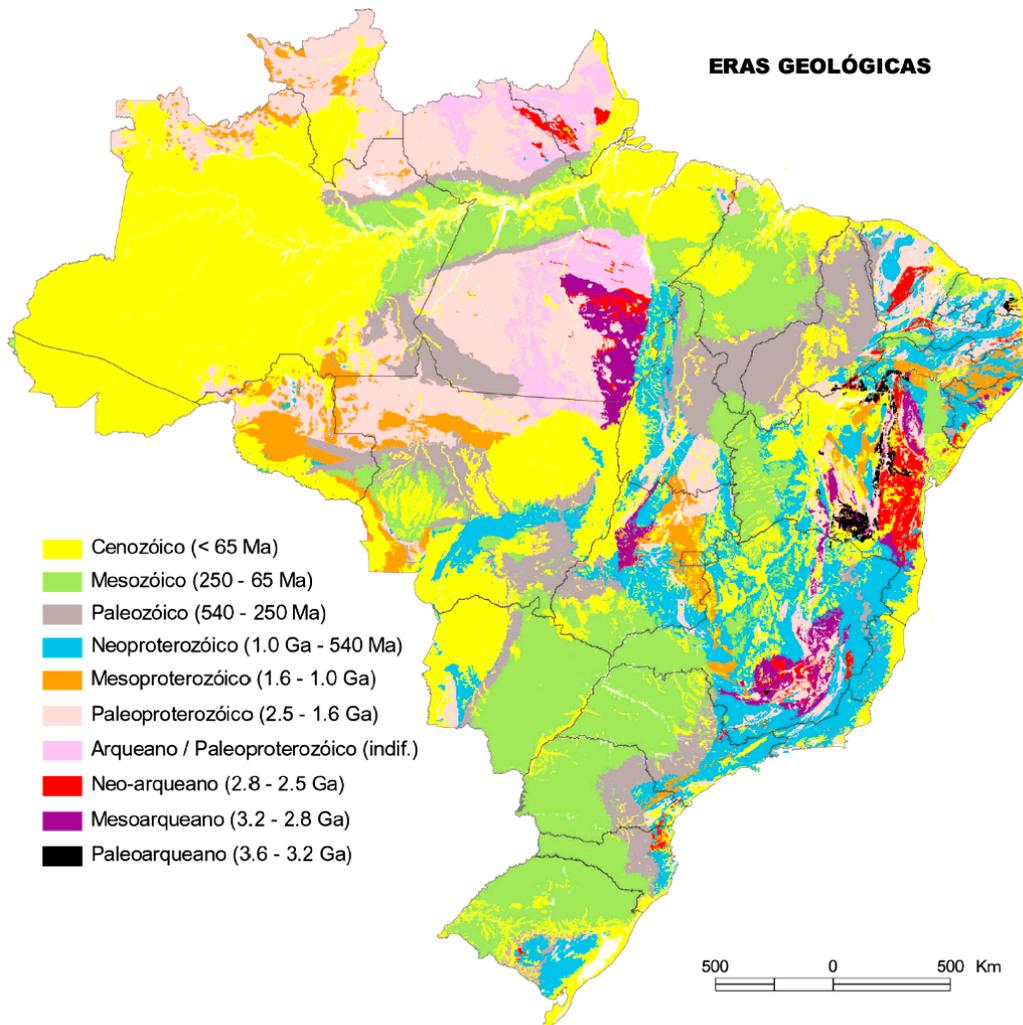


Figura 6: Mapa das Eras Geológicas do Brasil. Fonte: Schobbenhaus e Neves (2003)

Nota-se de maneira geral, que a eras geológicas referentes ao Mesozóico, Paleozóico e Neoproterozóico são as mais representativas no Estado de São Paulo, podendo ainda ser observada a presença do Cenozóico entre outras pouco representativas. Schobbenhaus e Neves (2003), bem como outros trabalhos mais recentes produzidos por Hasui (2012), reafirmam as ocorrências dominantes das

unidades litoestratigráficas referentes ao Mesozóico, Paleozóico, Neoproterozóico e Cenozóico no Estado de São Paulo, conforme ilustrado na Figura 7.

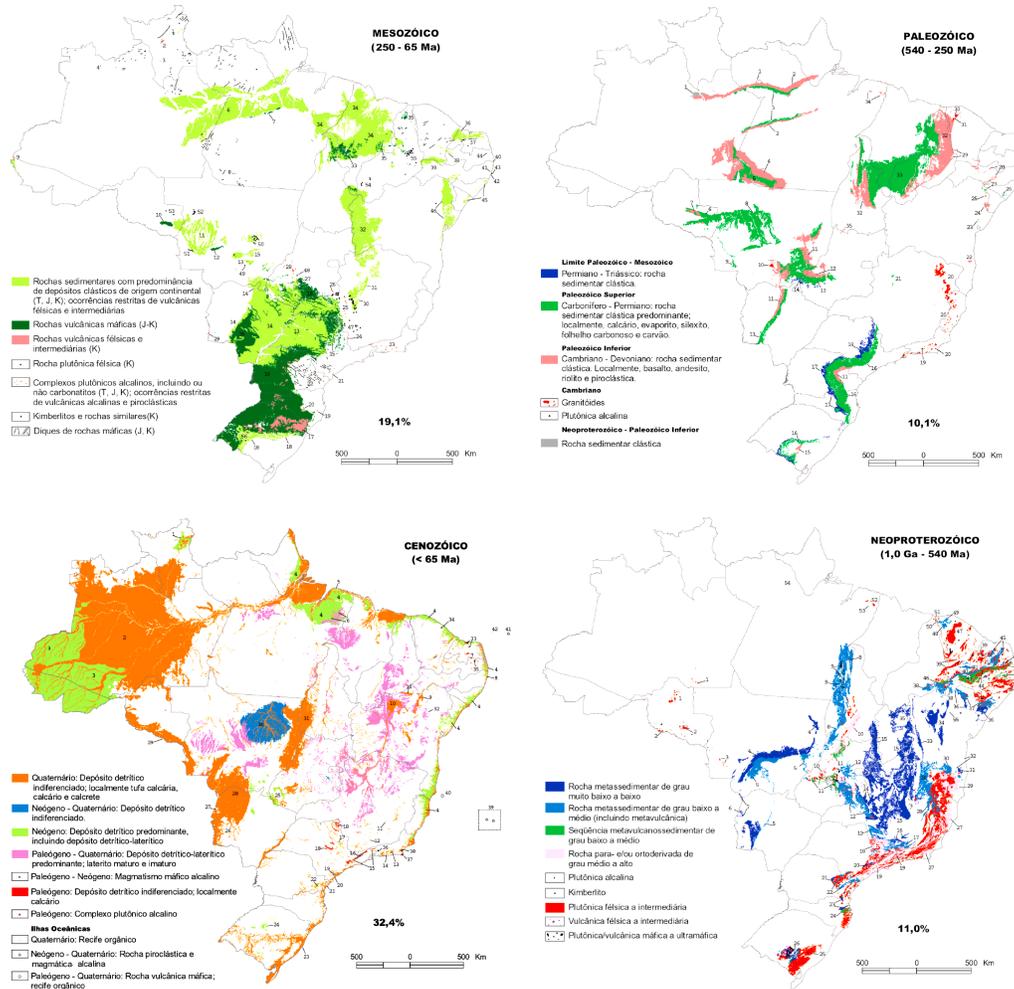


Figura 7: Mapas das principais unidades geológicas que ocorrem no Estado de São Paulo. Fonte: Schobbenhaus e Neves (2003) e Hasui (2012).

Perrotta *et al.* (2005) esclarecem que no Estado de São Paulo, o embasamento das Bacias do Paraná, Serra Geral e Bauru - um pacote sedimentar-magmático desenvolvido do Devoniano até o Neocretáceo - se insere no contexto da Província Mantiqueira e representa a colagem de terrenos supracrustais Neoproterozóicos, com remanescentes Arqueanos, Paleo e Mesoproterozóicos, através de orogêneses Brasilianas superpostas, associadas à intensa granitogênese. Assim, de acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo produzido por Perrotta *et al.* (2005) e devidamente adaptado para a região de estudo (Figura 8), nota-se a presença das seguintes unidades litoestratigráficas assim descritas: depósitos colúvio-eluvionares (Qce) - areia, silte e argila; Formação Corumbataí (P3T1c) - siltito argiloso, folhelho

siltítico e raro arenito, calcário micrítico e margas, ambiente marinho de costa-afora a transicional entre costa-afora e face de praia; intrusivas básicas tabulares (K1dsg) - soleiras de diabásio, diques de diabásio, diorito pórfiro, microdiorito pórfiro, lamprófiro, andesito, monzonito pórfiro e traquiandesito; e Formação Pirambóia (P3T1p) - arenito médio e fino com cores esbranquiçadas, avermelhadas e alaranjadas, geometria lenticular bem desenvolvida; ambiente continental, eólico.

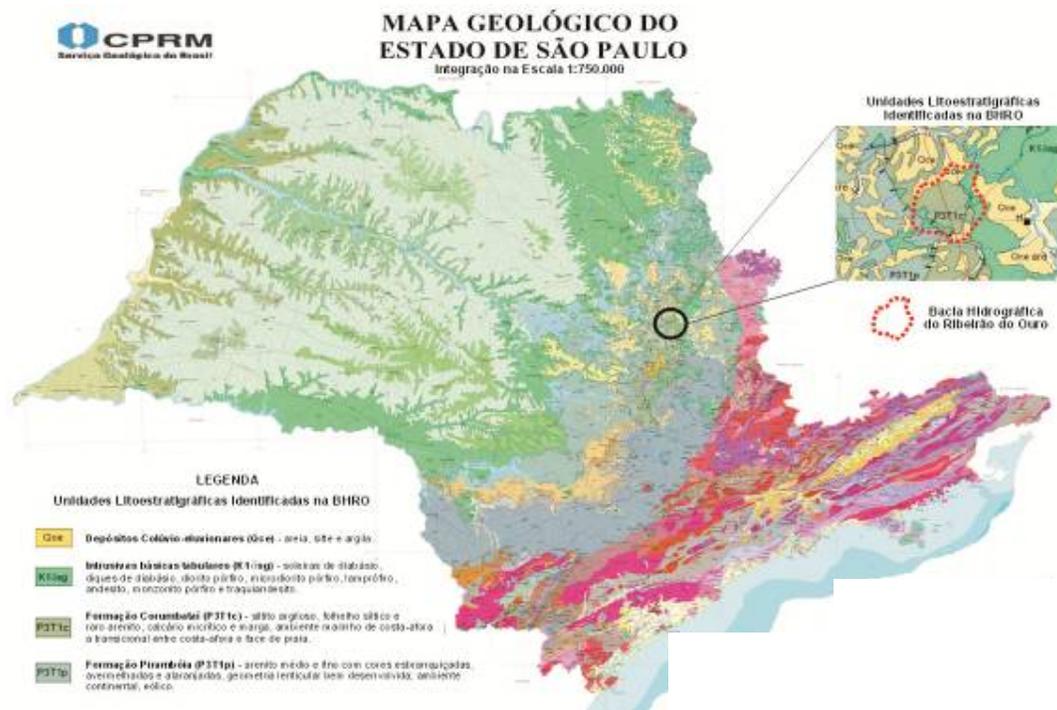


Figura 8: Mapa Geológico do Estado de São Paulo, adaptado pelo autor. Fonte: Perrotta *et al.* (2005).

Podem-se destacar, ainda, os trabalhos realizados pelo CPRM – Serviço Geológico do Brasil na Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu e Pardo, os quais regionalmente também indicam presença de unidades semelhantes ao trabalho realizado no Estado de São Paulo. Procedendo-se com a devida adaptação da Carta Geológica do Mogi-Pardo (CBH-MOGI-2002) com a delimitação da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro (Figura 9), nota-se que as unidades geológicas existentes no local se apresentam da seguinte forma:

Cenozóico – Coberturas cenozóicas indiferenciadas – presentes principalmente na região norte, alguns pontos no centro e uma faixa ao leste da BHRO, as quais, ao que tudo indica, referem-se ainda aos depósitos quaternários ;

Jurássico / Cretáceo – Intrusivas tabulares: diques ou *sills* de diabásio – dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros, traquitos – presentes em uma faixa na região leste da BHRO e em parte da região sudoeste onde ocorre também uma escarpa no terreno.

Triássico / Jurássico – Formação Pirambóia: ambiente eólico, lacustre e fluvial – arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, com estratificações cruzadas e plano-paralelas – localizam-se somente na região sul e sudoeste da BHRO, limitadas principalmente pelas rochas Intrusivas em uma região escarpada.

Paleozóico / Mesozóico – Formação Corumbataí: ambiente deltaico associado a planícies de maré – siltitos e argilitos, areias médias, com laminações plano-paralelas inclinadas, estruturas lenticulares e convolutas – apresenta-se em grande parte da BHRO, principalmente na região central e sob a área urbana de Pirassununga.

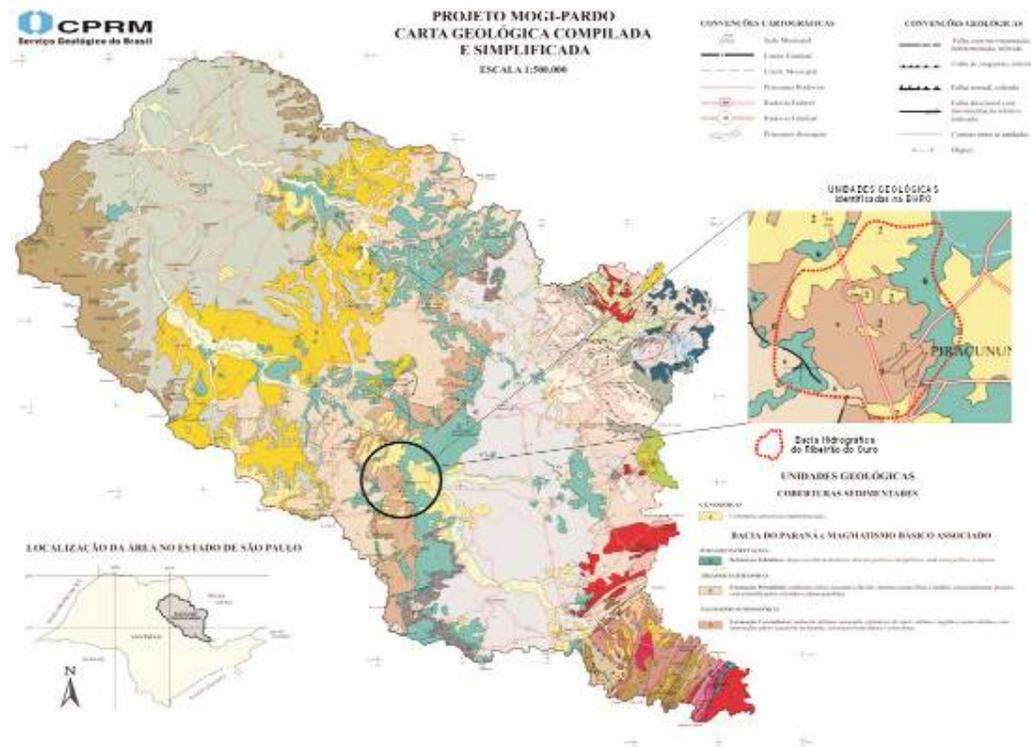


Figura 9: Mapa Geológico da Bacia do Mogi-Pardo, adaptado pelo autor.

Fonte: CBH-MOGI (2002).

Observa-se por fim, que os aspectos gerais da geologia da área de estudo apresentados por Hasui (2012), Schobbenhaus e Neves (2003), Perrotta *et al.* (2005) e CBH-MOGI (2002), muito se assemelham ao Mapa das Formações Geológicas de Superfície (São Paulo-IG, 1981) e o mapa apresentado por Melo (1995), os quais são influencias principais ao objeto deste estudo (Figura 10).

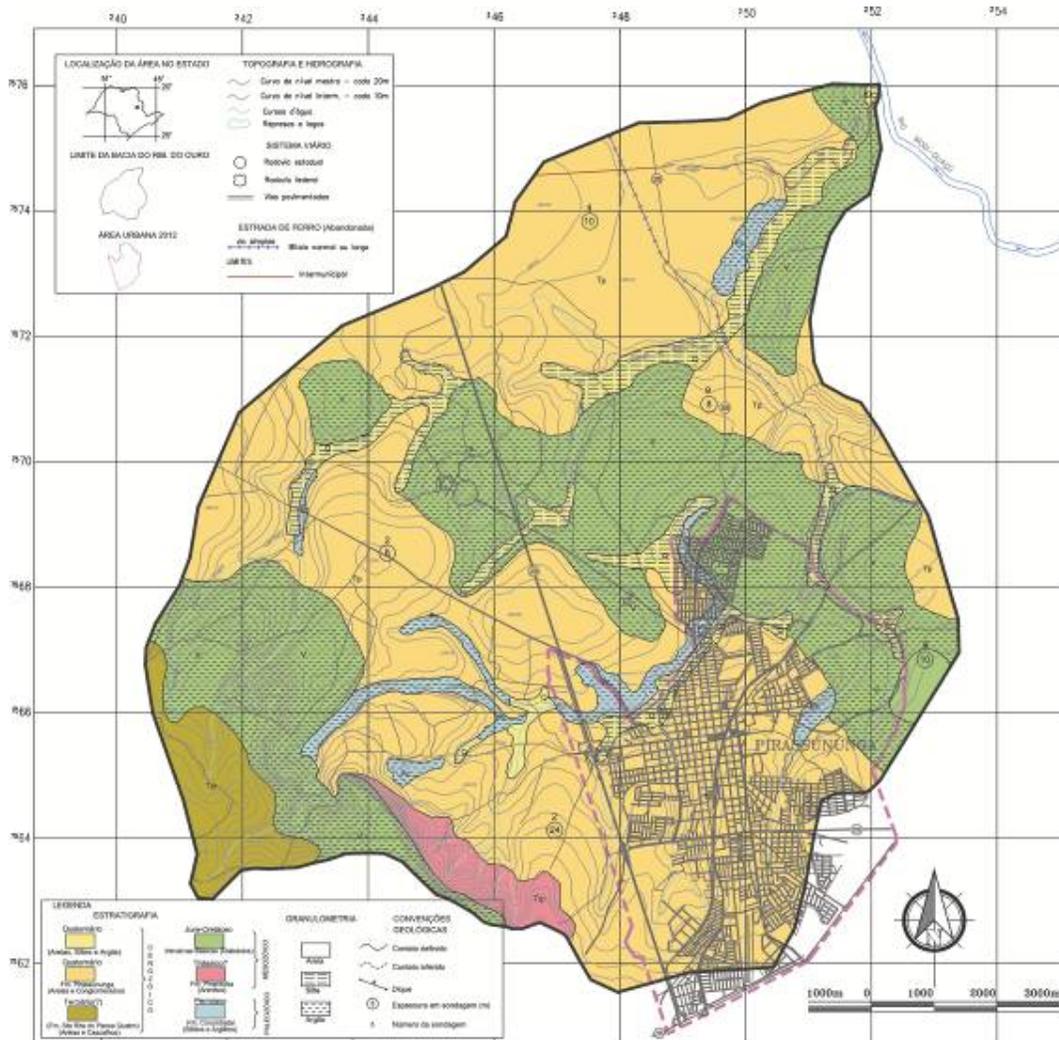


Figura 10: Mapa das Formações Geológicas de Superfície, adaptado pelo autor. Fonte: São Paulo-IG (1981) e Melo (1995).

De acordo com o mapa apresentado por Melo (1995), a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro, apresenta as seguintes formações geológicas de superfície com seus respectivos materiais de origem: Fm. Corumbataí (argilitos e siltitos); Fm. Pirambóia (arenitos); Intrusivas básicas (diabásios); Fm. Pirassununga (areias e conglomerados), Fm. Santa Rita do Passa Quatro (areias) e depósitos aluvionais

recentes (areias e cascalhos), as quais serão descritas detalhadamente em capítulo dedicado especialmente ao tema.

4.4. Aspectos Hidrogeológicos

Hidrogeologia é o termo utilizado e hoje aceito universalmente como o ramo da geologia que estuda a água subterrânea, (Feitosa, 2008). Sabe-se que a água no planeta encontra-se nos estados sólido, líquido e gasoso, distribuída em diferentes reservatórios. A água no estado sólido ocorre nas geleiras; na forma gasosa, como vapor, está na atmosfera, em nuvens; acima da superfície do solo, a água no estado líquido corre em rios, lagos e oceanos; abaixo da superfície, a água é armazenada nos poros e outras aberturas existentes nas rochas (Iritani e Ezaki, 2008).

A água que existe abaixo da superfície do terreno (água subterrânea) circula nos espaços vazios, denominados poros, existentes entre os grãos que formam os solos e as rochas sedimentares. Em alguns tipos de rocha, a água circula através de fraturas, que são porções onde as rochas se romperam devido à movimentação da crosta terrestre. Dessa forma, pode-se dizer que a água subterrânea é aquela que ocorre no subsolo, preenchendo os poros, fraturas e cavidades das rochas que formam os aquíferos.

A Resolução Nº 396, de 03 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, adota a definição para águas subterrâneas como aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo enquanto que os aquíferos são corpos hidrogeológicos com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos

Também neste sentido, Iritani e Ezaki (2008) definem aquífero como um reservatório subterrâneo de água, caracterizado por camadas ou formações geológicas suficientemente permeáveis, capazes de armazenar e transmitir água em quantidades que possam ser aproveitadas como fonte de abastecimento para diferentes usos. Os aquíferos podem ser classificados quanto ao tipo de porosidade da rocha armazenadora em granular, fissural e cárstico (Figura 11).

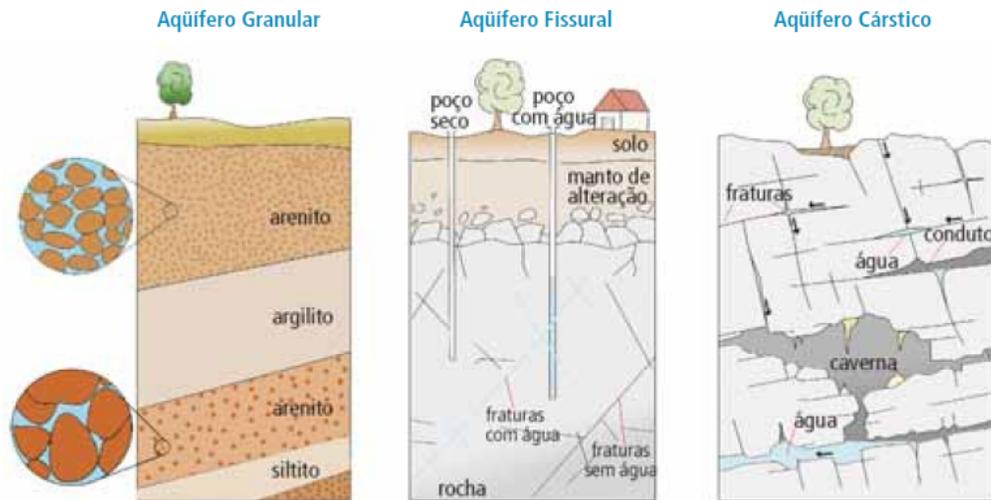


Figura 11: Representação esquemática da Classificação dos aquíferos de acordo com o tipo de porosidade da rocha. Fonte: Iritani e Ezaki (2008)

Os aquíferos também podem ser classificados quanto às suas características hidráulicas, em livres ou confinados, dependendo da pressão a que estão submetidos (Figura 12). De acordo com Iritani e Ezaki (2008), aquífero livre (ou freático) é aquele que está mais próximo à superfície, onde a zona saturada tem contato direto com a zona não saturada, ficando submetido à pressão atmosférica. Neste tipo, a água que infiltra no solo atravessa a zona não saturada e recarrega diretamente o aquífero. Ainda de acordo com os mesmos autores, aquífero confinado é aquele limitado no topo e na base por camadas de rocha de baixa permeabilidade (como argila, folhelho, rocha ígnea maciça, etc.).

A recarga de um aquífero geralmente ocorre através das águas que provêm da chuva, onde basicamente ela infiltra nas áreas aflorantes das formações geológicas, parcelas estas onde o aquífero é livre. Além destas áreas conhecidas como áreas de recarga, existem as áreas de descarga dos aquíferos, fenômenos estes que geralmente ocorrem em forma de nascente ou como escoamento básico, alimentando os córregos, rios e lagos.

Iritani e Ezaki (2008) explicam que a recarga também pode ocorrer pelo aporte de água vindo de outra unidade hidrogeológica, seja granular ou fraturada, em contato com o aquífero em questão. Por exemplo, um aquífero confinado, apesar da baixa permeabilidade, pode permitir a transmissão de água para um aquífero confinado subjacente. Pode ocorrer que o aquífero tenha recarga não natural, por exemplo, pela água que infiltra no solo devido ao vazamento das tubulações do sistema de

abastecimento e saneamento, ou pelos excessos na irrigação de diferentes culturas. Neste sentido, é muito importante o cuidado com poços subterrâneos abandonados e/ou mal vedados, bem como, com as atividades urbanas extremamente poluentes que ocorrem em local de contato direto com as áreas de recarga ou sobre rochas fraturadas que confinam os aquíferos.

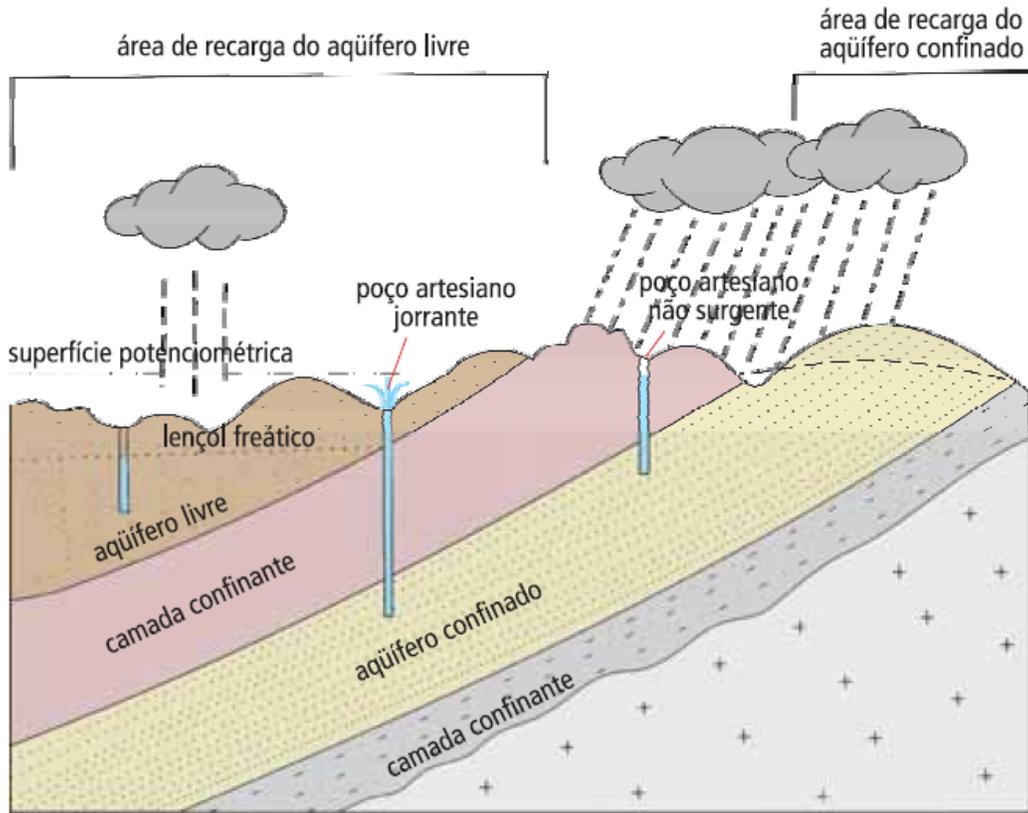


Figura 12: Representação esquemática dos aquíferos livres e confinados.
Fonte: Iritani e Ezaki (2008)

Feitosa *et al* (2008) advertem também que do ponto de vista da vulnerabilidade aquífera, ou seja, a susceptibilidade intrínseca do meio aquífero em ser adversamente afetado por uma carga contaminante antrópica, entre outros fatores de ordem ecológicos e socioeconômicos mencionados pelo autor, é importante salientar que a contaminação ocorrerá sempre que os materiais sobrejacentes ao aquífero permitirem a passagem do poluente. Outra maneira passível de contaminação é no caso do poluente ser quimicamente persistente e tiver a concentração suficiente para que possa superar a capacidade de atenuação imposta pelos materiais sobrejacentes ao aquífero. Tanto de uma forma quanto de outra, bem como através da associação entre as duas características de vulnerabilidade descritas anteriormente, um aquífero deve

sempre estar protegido dos riscos de contaminação oferecidos pelas complexas e potencialmente poluentes atividades de qualquer área urbana ou rural.

Realizadas preliminarmente as definições gerais sobre o tema, é importante considerar agora, que, semelhantemente ao tópico dedicado à Geologia, este também inicia-se através de um quadro geral da Hidrogeologia do Brasil, permitindo assim a obtenção de um melhor entendimento sobre os aspectos hidrogeológicos da área de estudo. Atualmente, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM está elaborando o Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo, a partir do qual foi estruturada a base geológica que resultou no Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil. (Figura 13)

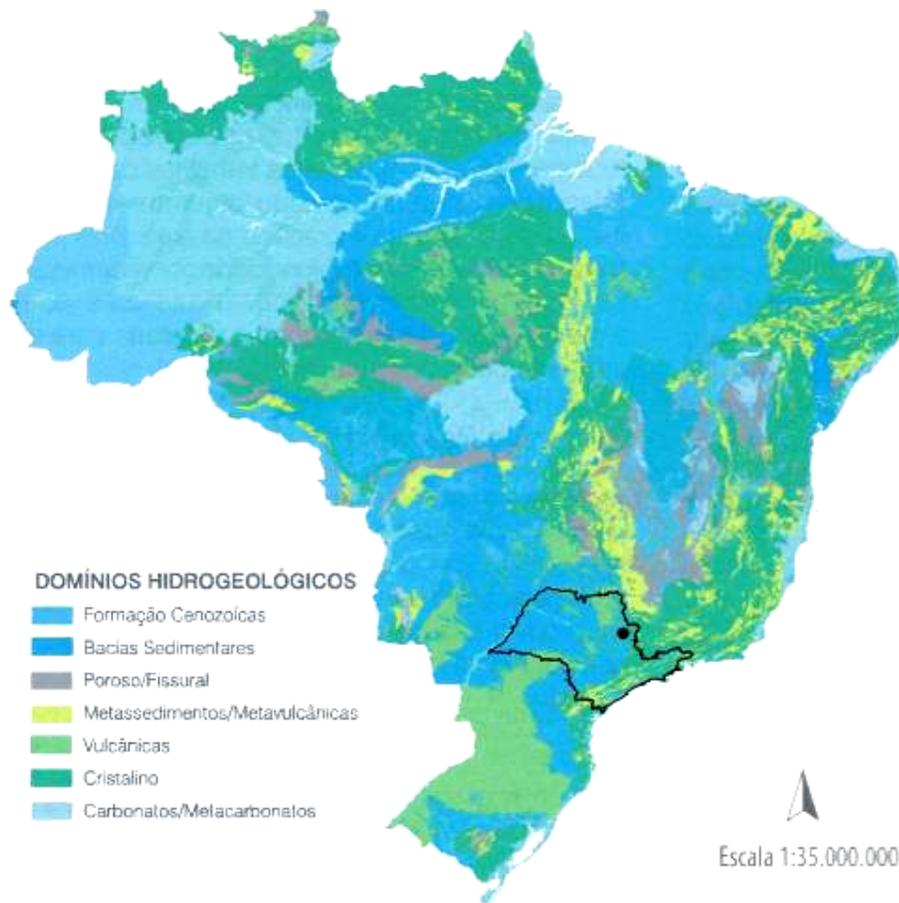


Figura 13: Mapa de Domínios e subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, adaptado pelo autor. Fonte: Feitosa *et al* (2008)

Analisando o Mapa de Domínios Hidrogeológicos do Brasil, observa-se que na região do Estado de São Paulo, a qual pertence predominantemente à Bacia Vulcano-Sedimentar do Paraná, corresponde às áreas de melhor produtividade de águas

subterrâneas. De acordo com Feitosa *et al* (2008), estas áreas apresentam sedimentos em geral clásticos entre os quais podem-se destacar os aquíferos Guarani, Bauru e Tubarão.

Iritani e Ezaki (2008), através do Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, ilustrado a seguir (Figura 14), representam, em azul, os Aquíferos Sedimentares e, em verde, os Aquíferos Fraturados. Os tons mais escuros, em ambos os casos, refletem o maior potencial produtivo dos aquíferos, isto é, sua capacidade em fornecer água. Observando o mapa, pode-se dizer que os aquíferos mais produtivos, representados por tons mais escuros, têm maior ocorrência na porção central do Estado, enquanto que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro está em uma área predominantemente considerada de baixa produção de água subterrânea.

Hidrogeologicamente, pode-se dizer que a BHRO está localizada em grande parte sobre o aquíclode Passa Dois, que, basicamente, é formado por material impermeável, com certa capacidade de armazenar água, mas sem capacidade de transmiti-la.

O Grupo Passa Dois, segundo definição de Iritani e Ezaki (2008), é uma unidade hidrogeológica sedimentar de extensão regional que separa os aquíferos Tubarão e Guarani, o qual na região é representado pelos argilitos da Formação Corumbataí, além de folhelhos e calcários do Subgrupo Irati. Como é constituído por sedimentos predominantemente finos, sua capacidade em fornecer água é bastante baixa e com produtividade insuficiente para o abastecimento de grandes comunidades. Dessa forma, é denominado, regionalmente, de aquíclode.

Outras ocorrências, na área de estudo consideradas como aquíferas, também podem ser visualizadas no Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, adaptado com a projeção da BHRO, que são o aquífero fraturado Diabásio, no setor leste, e uma pequena parcela aflorante do aquífero Guarani, localizada a oeste da BHRO.

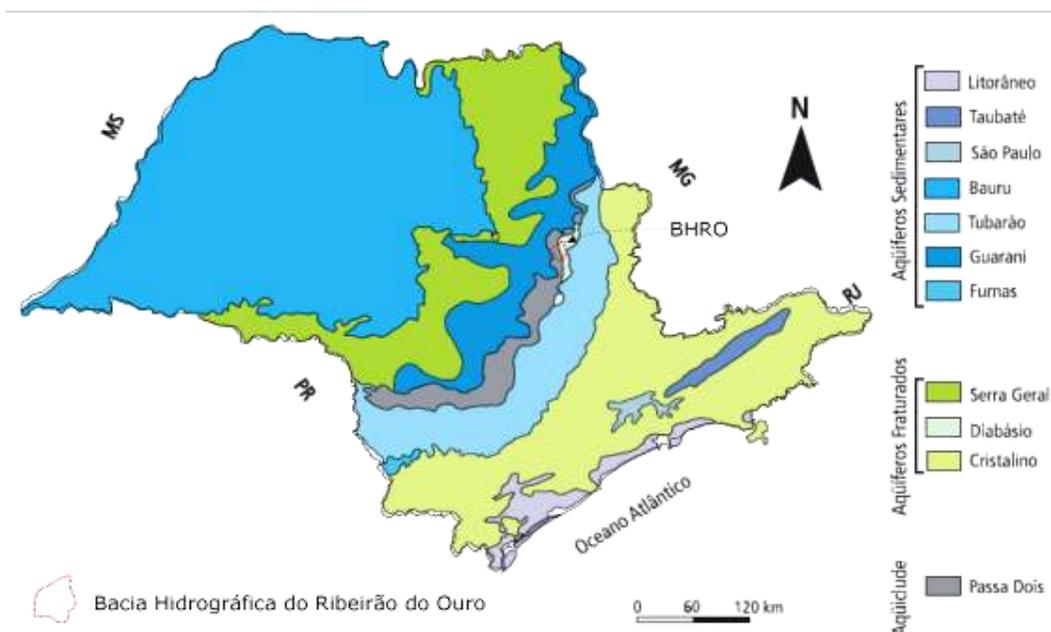


Figura 14: Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, adaptado pelo autor.
Fonte: Iritani e Ezaki (2008)

CBH-MOGI (2008), por sua vez, representa espacialmente os aquíferos que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu e demonstra claramente que as ocorrências das águas subterrâneas da BHRO apresentarem grandes similaridades com as representadas por Iritani e Ezaki (2008), descrevendo, ainda, o potencial de exploração de cada unidade ocorrida na área, com exceção do Aquíclude Passa Dois.

Assim, segundo CBH-MOGI (2008), que apresenta com mais detalhes as unidades aquíferas que ocorrem na BHRO (Figura 15), a unidade aquífera Serra Geral (Intrusivas), também conhecida por aquífero Diabásio, apresenta potencial de exploração entre 1 e 12 m³/h, enquanto o aquífero Guarani apresenta potencial entre 20 a 80 m³/h.

Embora a composição aquífera da BHRO seja fortemente representada pelo aquíclude Passa Dois e que, portanto, não teria grandes produções de águas subterrâneas, perfurações e estudos realizados no município de Porto Ferreira, forneceram informações geológicas até então ignoradas e constataram que sedimentos cenozóicos atribuídos à Formação Pirassununga apresentam considerável viabilidade para a captação de água subterrânea para abastecimento público municipal (Silva, 1995).

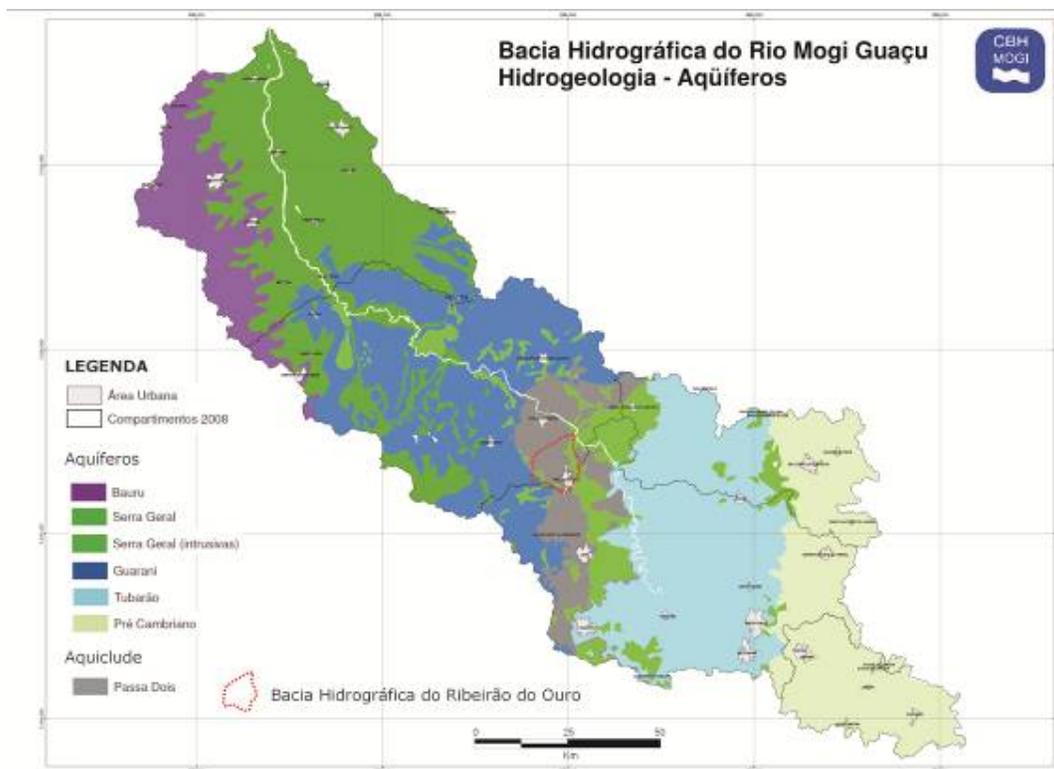


Figura 15: Mapa de Hidrogeologia da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, adaptado pelo autor. Fonte: CBH-MOGI (2008)

Segundo Silva (1995), as características hidrogeológicas da Formação Pirassununga são excelentes, permitindo a captação a pequenas profundidades (inferiores a 50 metros) e em volumes consideráveis (20 a 25 m³/h). Semelhantemente aos sedimentos cenozóicos atribuídos à Formação Rio Claro, à qual Oliva (2002) considera como aquífero livre, acredita-se que a Formação Pirassununga também pode ser considerada um aquífero livre, poroso e de pequena profundidade.

A Formação Pirassununga segundo Feitas et. al (1979), citado por Massoli (1983) é descrita como sedimentos inconsolidados, sem estruturas sedimentares e que atingem até 15 (quinze) metros de espessura em sondagem.

De acordo com o Mapa das Formações Geológicas de Superfície baseado em São Paulo-IG (1981) e Melo (1995), a Formação Pirassununga é a de maior representatividade na área de estudo e ocorre predominantemente sobreposta à Formação Corumbataí e às Rochas Intrusivas Básicas, localizadas entre as cotas 580 e 670m.

Galiano (2001) explica que esta formação é constituída por sedimentos arenosos inconsolidados, não estratificados e sem estrutura, verticalmente homogêneos, sobrepostos indiferentemente às formações mais antigas, em cuja base têm sido encontradas, por vezes, linhas de seixos subangulares e arredondados, de formas variadas, ou cascalheiras de espessura centimétrica, ambas compostas por seixos de quartzo, quartzito e limonitas (concreções). Sua espessura não ultrapassa 20 (vinte) metros e dispõe-se de modo descontínuo na Folha de Leme. A coloração predominante desses sedimentos é marron-avermelhada, com baixo grau de seleção, contendo minerais argilosos, grãos de quartzo com vários índices de arredondamento, às vezes com película de óxido de ferro secundário e minerais máficos.

Silva (1995), por sua vez, esclarece que dados obtidos com a perfuração de poços foram discordantes com as assertivas anteriores. Segundo o autor, os poços perfurados constataram espessuras totais variando de 38 (trinta e oito) a 43 (quarenta e três) metros para os sedimentos cenozoicos atribuídos à Formação Pirassununga, dos quais quase todas as perfurações atravessaram o Cenozóico e atingiram o topo do Paleozóico, representado pela Formação Corumbataí.

Outra observação interessante relatada por Silva (1995) é que, embora os pessimistas estudos anteriormente realizados, bem como alguns levantamentos do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo - DAEE apontavam vazões máximas de 5m³/h, durante a perfuração de novos poços constatou-se a presença de areias mais grossas e conglomeráticas na metade inferior do pacote cenozóico, fato que despertou a atenção para a possibilidade de obtenção de vazões mais elevadas.

Obviamente que os resultados alcançados e o nível de conhecimento hidrogeológico da Formação Pirassununga ainda são insuficientes para se afirmar a total viabilidade no suprimento de água subterrânea em áreas urbanizadas. No entanto, é necessário que os municípios presentes nessas áreas sejam conscientizados da importância estratégica desses reservatórios subterrâneos e invistam em projetos que concretizem os mapeamentos e os estudos dos potenciais de exploração desses recursos hidrogeológicos no Cenozóico da região.

4.5. Aspectos climatológicos e da vegetação

A concepção de clima é complexa, sendo formada por uma série de fatores os quais são mensuráveis: temperatura, precipitação, umidade e evaporação. Mendonça e Oliveira (2007), em sua obra que apresenta os cinco macrotipos climáticos do Brasil e seus diferentes subtipos, classificam o clima da região onde está localizada a BHRO como Macrotipo 4, ou seja, Clima Tropical úmido-seco ou tropical do Brasil Central, conforme representado na Figura 16.

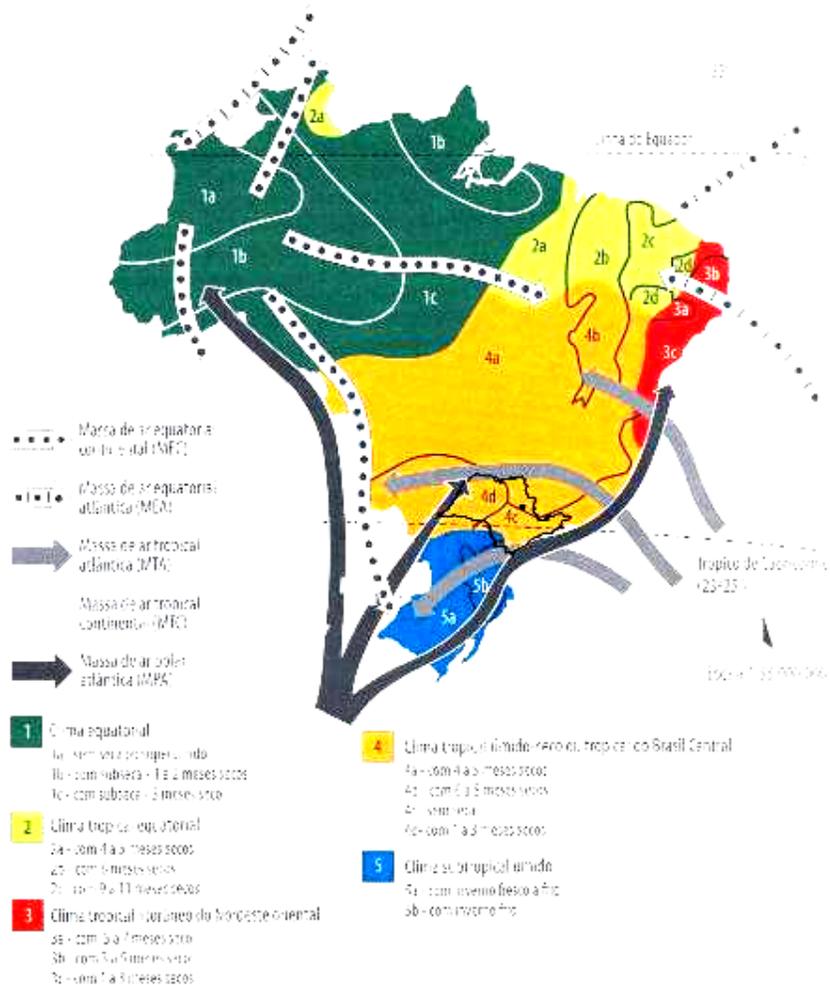


Figura 16: Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos, adaptado pelo autor. Fonte: Mendonça e Oliveira (2007)

Mendonça e Oliveira (2007) explicam, ainda, que devido à sua posição geográfica, o Clima Tropical úmido-seco ou tropical do Brasil Central é controlado por sistemas atmosféricos equatoriais e tropicais, além de contar com considerável atuação extra-tropical. Essa área apresenta expressiva sazonalidade, com exuberante ritmo anual definido por duas estações (o inverno e o verão), que permitem identificar

a mais clara evidência da tropicalidade dos climas do Brasil. Apresentam, ainda, uma forte heterogeneidade térmica, expressa em médias térmicas anuais que vão de 20°C, na porção sul, a 26°C, na porção centro-norte. A média das máximas pode atingir 36°C em setembro, o mês mais quente na região e no inverno a média das mínimas pode atingir 8°C na parte meridional. As chuvas são concentradas no verão e cerca de 70% do total médio de 2000 a 3000 mm da área precipitam-se entre novembro e março.

Mais especificamente nota-se, também, que a região da BHRO, embora esteja bem próxima à tríplice fronteira de subtipos climáticos, foi possível identificá-la como Subtipo 4a, o qual, segundo Mendonça e Oliveira (2007), referem-se ao que apresenta de 4 a 5 meses de seca. Este subtipo apresenta, ainda, como principal característica uma redução dos totais pluviométricos durante a estação de inverno prolongado, e entre maio e setembro forma-se um período de considerável estiagem. O trimestre de junho, julho e agosto caracteriza-se pelos mais baixos índices pluviométricos médios e as chuvas são concentradas no verão prolongado (de outubro a abril), no qual destaca-se o trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro como o mais úmido.

Feitosa *et al* (2008) explicam que o Brasil é um país tropical em sua maior parte devido, sobretudo, à sua situação geográfica, atravessado pela linha do equador à altura da Amazônia e pelo trópico de Capricórnio na latitude da cidade de São Paulo.

Azevedo (1972), citado por Feitosa *et al* (2008), observou que a tropicalidade do país manifesta-se principalmente na predominância dos climas quentes ou tipo equatorial ou tropical; na predominância quanto aos regimes dos rios com suas enchentes, no fim de verão, e vazantes, no inverno; e na presença de extensas áreas de florestas quentes e úmidas, como a Hileia Amazônica e a mata Atlântica.

Ainda de acordo com Feitosa *et al* (2008), os climas no Brasil são distinguidos pela circulação geral do ar na zona dos alísios, podendo-se ainda apresentar variedades climáticas regionais que resultam do traçado litorâneo e das linhas do relevo, que é moderado, com altitudes máximas em torno de 3000 metros e com médias altimétricas menores que 1000 metros. De acordo com os referidos autores, o Estado de São Paulo apresenta, predominantemente, Clima Tropical de Altitude na região central, ocorrendo ainda o Clima Tropical a norte, e Subtropical a sul do Estado. Especificamente na área de estudo o clima pode ser considerado Clima Tropical de Altitude, conforme ilustrado na Figura 17.



Figura 17: Climas do Brasil, adaptado pelo autor. Fonte: Feitosa *et al* (2008)

Gisler (2000), através de dados da estação Meteorológica de Aeródromo da Academia da Força Aérea, em Pirassununga, obteve informações que indicam nesta região uma temperatura anual média de 22°C, onde a média das máximas é de 28,2°C, e das mínimas, 15,84°C.

De acordo com a classificação de Köppen, a qual está baseada no curso de valores médios da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica, utilizando-se de nomenclatura especial para designar diferentes tipos de clima, apresenta o clima da região como do tipo Cwa. Este clima mesotérmico apresenta inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, e a do mês mais quente, que ultrapassa 22°C. O total das chuvas do mês mais seco não ultrapassa 30 mm. O índice pluviométrico desse tipo climático varia entre 1100 e 1700 mm, diminuindo a precipitação de leste para oeste. A estação seca nessa região ocorre nos meses de

abril a setembro, sendo julho o mês em que atinge a máxima intensidade. O mês mais chuvoso oscila entre janeiro e fevereiro. A temperatura do mês mais quente oscila entre 22°C e 24°C (CBH-MOGI, 2008).

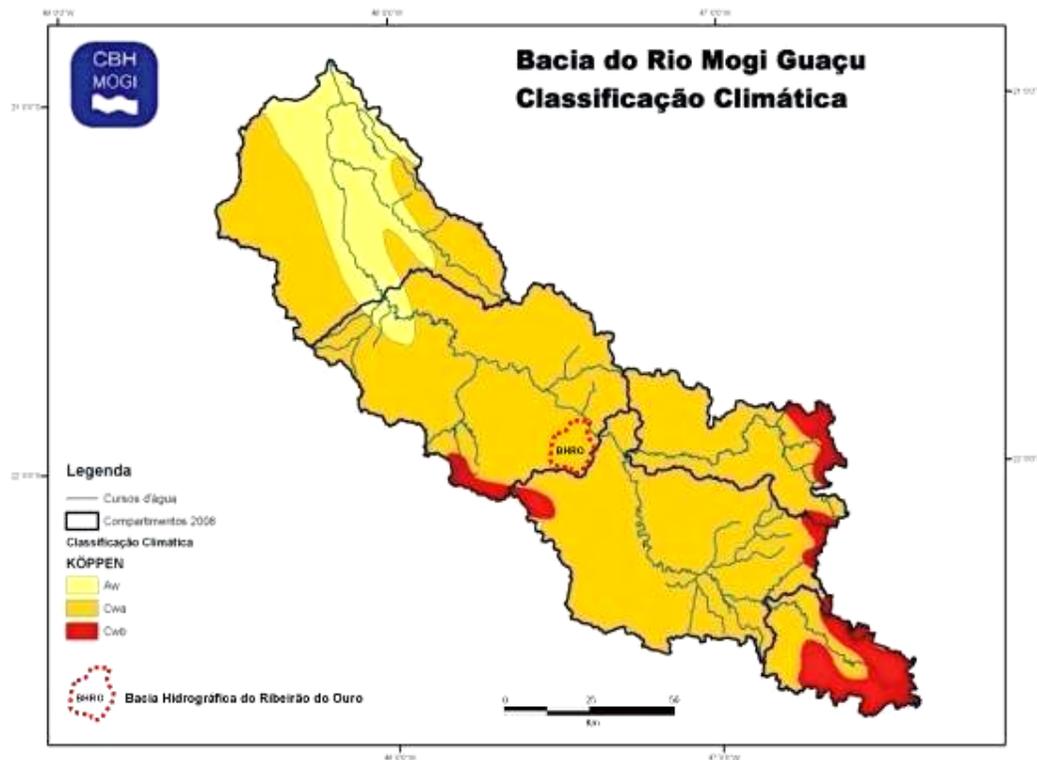


Figura 18: Mapa da classificação climática da Bacia Hidrográfica do Mogi Guaçu, adaptado pelo autor. Fonte: CBH-MOGI (2008)

Embora o Cerrado seja o principal bioma ao qual se associa o tipo climático do Brasil central, este não apresenta características de homogeneidade, pois o próprio bioma, o relevo e os sistemas atmosféricos de forma geral, são bastante heterogêneos. Mendonça e Oliveira (2007) explicam que nesta região estão incluídas as fronteiras ou áreas de transição entre o cerrado e o complexo do pantanal (sudoeste e oeste), a floresta amazônica (noroeste e nordeste), a caatinga (nordeste) e a mata atlântica (leste, sudeste e sul), associando-se a esse mosaico de formações vegetais uma considerável pluralidade de subtipos do clima tropical. É importante salientar que por se tratar de uma região localizada entre o sul e sudeste do tipo Clima Tropical Brasil Central, a BHRO possui uma significativa tendência de apresentar vegetações do tipo Cerrado e Mata Atlântica.

Segundo Feitosa *et al* (2008), devido às dimensões, tipos climáticos e condições morfológicas, o Brasil apresenta uma cobertura vegetal variada, bem como um número considerável de unidades de solos. Os solos mais frequentes no território

nacional, segundo os autores, são os latossolos, seguidos por podzólicos vermelho-amarelados, os quais caracterizam as diversas regiões edafológicas do país. Na Figura 19, nota-se que no Estado de São Paulo a predominância de vegetação é do tipo Cerrado, no entanto, especificamente na região estudada, a vegetação é do tipo Tropical Latifoliada.

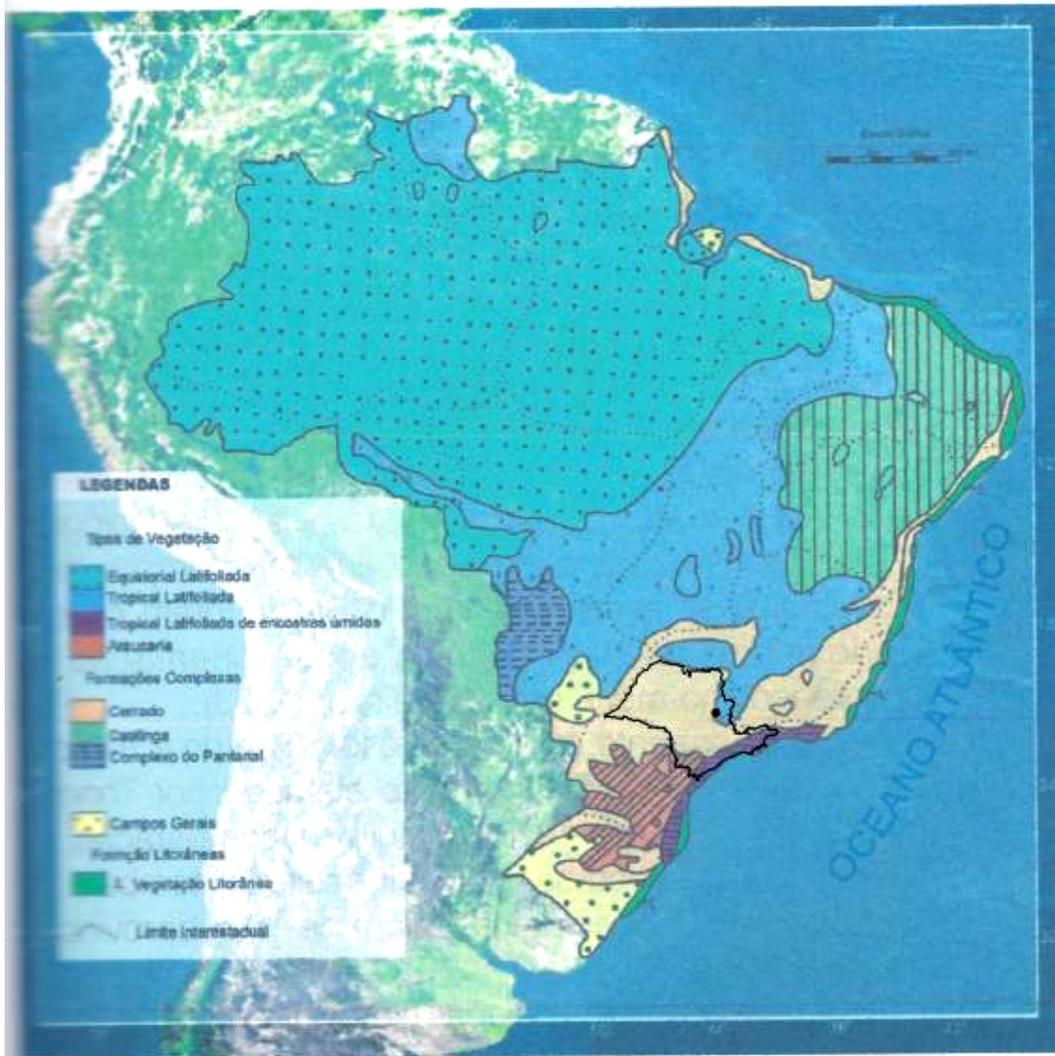


Figura 19: Mapa das Formações Vegetais do Brasil adaptado pelo autor.
Fonte: Feitosa *et al* (2008)

Após a análise do Mapa das Formações Vegetais do Brasil, pode-se afirmar que, ao que tudo indica, a cobertura vegetal natural das terras da região da BHRO pertenceu ao subtipo Floresta Latifoliada Tropical e Cerrado que, com o decorrer do tempo, foram quase totalmente erradicadas, restando poucas áreas apenas preservadas.

Segundo informação do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, o município de Pirassununga apresenta ainda 6,19% da sua área total com vegetação natural, onde, deste percentual, os tipos que mais se destacam são a Capoeira, pela sua quantidade no município e o Cerrado e o Cerradão, por possuírem unidades mais extensas e mais próximas à área urbana.

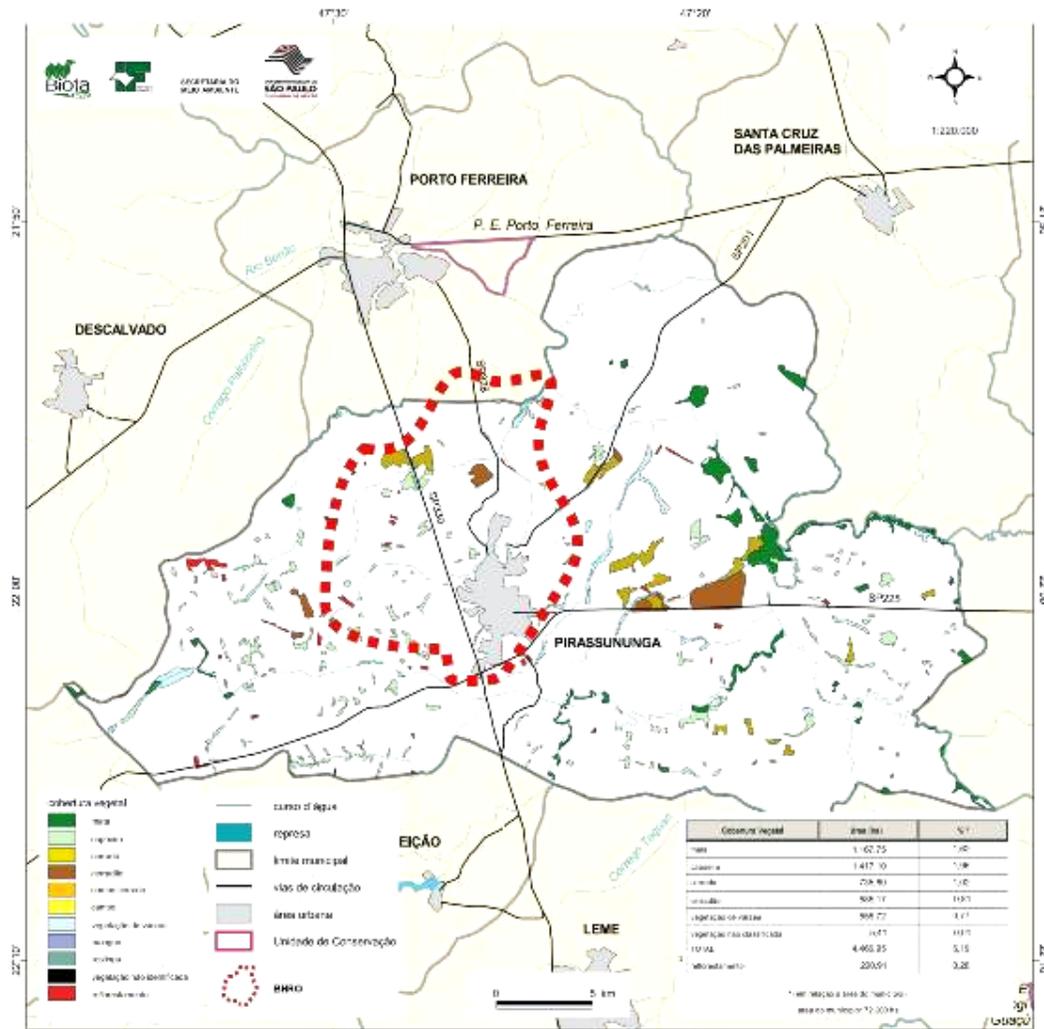


Figura 20: Mapa Florestal de Pirassununga, adaptado pelo autor.
Fonte: Instituto Florestal do Estado de São Paulo (2012)

4.6. Aspectos Sócio-econômicos

Regionalmente, as atividades econômicas voltadas ao setor primário são as predominantes, com destaque para a agropecuária, onde as principais culturas são a cana-de-açúcar, laranja, braquiária e milho. Observa-se, pelo perfil industrial da região, uma forte articulação com as atividades agrícolas, pois os ramos fabris mais

destacados: usinas de açúcar e álcool, papel e celulose, óleos vegetais, frigoríficos e bebidas são notadamente agroindustriais.

Pode-se dizer, ainda, que a região onde está inserido o Município de Pirassununga, o qual compõe quase a totalidade da área de estudo, é considerada uma das mais produtivas do Nordeste do Estado de São Paulo. Com uma área de 727 km², a economia de Pirassununga é constituída, basicamente, pelas indústrias, comércio e prestação de serviços, apresentando, também, uma participação do setor agropecuário. De acordo com a Fundação Seade, a renda per capita do Município é em média de 3,8 salários mínimos e o PIB – Produto interno Bruto do Município atinge 914,44 milhões de reais.

Embora a agricultura não seja o setor mais expressivo da economia dos municípios que compõem a BHRO (Pirassununga e uma pequena parte de Porto Ferreira), grande parte do seu território apresenta-se coberta por áreas de cultivo de cana-de-açúcar, eucalipto e laranja, além das grandes áreas de pastagem, principalmente da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP. No interior da área de estudo, a exploração agrícola de cana-de-açúcar desenvolve-se em solos aparentemente com melhores propriedades físicas e químicas, enquanto que o reflorestamento (eucalipto) e a citricultura são cultivados em solos de textura mais arenosa.

O saneamento básico do Município, atividade voltada ao abastecimento de água potável encanada e a coleta e tratamento de esgoto entre outras, possui índices razoáveis. Segundo informações do SAEP – Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga, na área urbana, 100% dos domicílios são atendidos com água tratada. A água destinada para o abastecimento do Distrito sede é captada no Ribeirão Descaroador e no manancial Chica Costa (mina e dois poços artesianos), no total de 1,044 milhão de litros/hora. Para o Distrito de Cachoeira de Emas, é obtida no córrego da Barra, na Vila Santa Fé, atingindo 70,8 mil litros/hora.

A referida autarquia informa, também, que atualmente já dispõe de duas estações de tratamento de esgoto (ETE) em funcionamento, uma localizada na Vila Santa Fé, Distrito de Cachoeira de Emas, que processa todo o esgoto desta Vila e 95% do esgoto gerado em Cachoeira de Emas e a outra responsável pelo tratamento de 100% do esgoto gerado no Distrito sede que, está situada no bairro Laranja Azeda.

Por outro lado, dados da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, agência do Governo do Estado responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, apontam que no Município de Pirassununga-SP, a carga poluidora lançada no Ribeirão do Ouro ainda é preocupante, chegando a 2.530 (Kg DBO/dia) mesmo após o tratamento.

O resumo do Relatório de Qualidade das Águas, elaborado pela CETESB (Quadro 2), demonstra que o Município atualmente trata somente 37% do esgoto coletado, valor esse que, apesar de baixo, representa um significativo aumento em relação aos 10% referentes ao ano de 2007.

Quadro 2: Resumo dos Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais nos anos de 2007 e 2012.
Fonte: CETESB 2008 e CETESB 2013.

Município	Concessão	População SEADE 2007		Atendimento (%)		Eficiência %	Carga Poluidora (kg DBO/dia)		Corpo Receptor
		Total	Urbana	Coleta	Tratam.		Potencial	Remanesc.	
Santa Rita do Passa Quatro	DAE	27.703	24.478	86	0		1.322	1.322	Cór.do Marinho e Capituva
Porto Ferreira	PM	53.468	51.816	93	0		2.798	2.798	R.Mogi-Guaçu
Pirassununga	SAEP	70.333	64.087	100	10	99	3.461	3.154	Rib.do Ouro
Leme	SAECIL	89.581	87.117	95	0		4.704	4.704	Ribeirão do Meio

Município	Concessão	População IBGE 2012		Atendimento (%)		Eficiência (%)	Carga Poluidora (kg DBO/dia)		ICTEM	Corpo Receptor
		População Total	População Urbana	Coleta	Tratamento		Potencial	Remanesc.		
Santa Rita do Passa Quatro	DAE	26.530	23741	100	50	72,0	1.282	821	4,79	Córrego do Marinho e Córrego Capituva.
Porto Ferreira	PM	51.999	51066	96	4,3	99,0	2.758	2.645	1,97	Rio Mogi-Guaçu.
Pirassununga	SAEP	70.869	64934	100	37	75,3	3.506	2.530	3,87	Córrego Laranja Azeda
Leme	SAECIL	93.417	91482	100	0		4.940	4.940	1,70	Ribeirão do Meio.

5.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1. Metodologia

O Zoneamento Geoambiental da bacia foi elaborado a partir da análise do meio físico e suas relações com o meio antrópico, onde através de uma compartimentação em unidades básicas de terreno, seguiu-se da análise conjunta dos resultados produzidos. O processo resultou em uma base que informa sobre a capacidade de suporte da bacia, restrições vigentes, entre outras características representadas por diferentes Zonas Geoambientais.

As atividades de caracterização do meio físico foram realizadas através de levantamento de dados bibliográficos e cartográficos já existentes e fotointerpretação de fotografias aéreas auxiliadas por levantamentos em campo. Os dados obtidos foram organizados em um Sistema de Informações Geográficas e os produtos cartográficos resultantes publicados em escala 1:50.000.

A base cartográfica da área de estudo, constituída pela articulação das Folhas Pirassununga, Descalvado, Corumbataí e Leme do IBGE, foi digitalizada e georreferenciada, resultando no Mapa de Documentação, contendo informações como altimetria (curvas de nível), rios e corpos d'água, estradas de rodagem, etc., as quais, através da utilização do software Auto Cad Civil 3D 2012, permitiram a produção de cartas derivadas como a de Declividades, de Hipsometria, de Sub-bacias, entre outras.

Os Mapas de Formações Geológicas de Superfície, Materiais Inconsolidados e Escoamento Superficial correspondentes à área de estudo foram obtidos através do material cartográfico produzido por GALIANO (2001), sendo que também foram devidamente organizados e armazenados em uma base cartográfica digital.

O Mapa de Uso e Cobertura do Solo foi produzido através da fotointerpretação de fotografias aéreas auxiliadas por trabalhos de campo, mais especificamente observação e conferência das informações identificadas pelas fotografias, as quais deram suporte, também, para a produção do Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação. O processo de combinação de dados, bem como o de reclassificação das unidades básicas de compartimentação, foram os principais procedimentos que delimitaram as Zonas Geoambientais e deram origem à Carta de Zoneamento Geoambiental da BHRO.

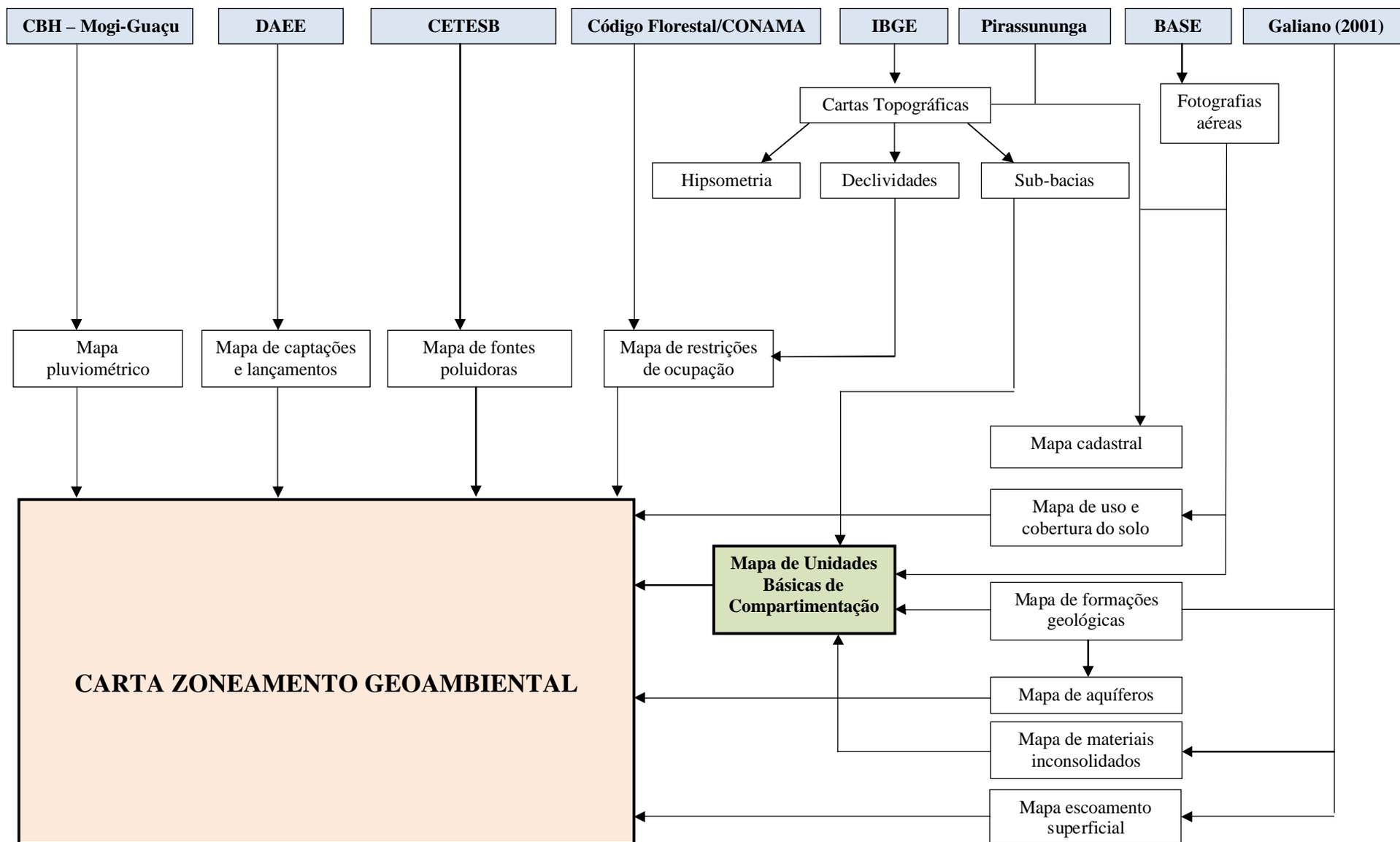


Figura 21: Fluxograma para desenvolvimento do banco de dados e da carta de zoneamento geoambiental da BHRO. Fonte: Autor 2013

5.2. Plano de trabalho

Primeiramente foram realizados os trabalhos de formulação da base conceitual e caracterização do objeto de estudo. Nesta primeira fase a formulação da base conceitual foi composta por uma etapa de revisão e análise da literatura técnico-científica sobre meio ambiente e zoneamento geoambiental, bacias hidrográficas e técnicas de geoprocessamento. A caracterização do objeto de estudo também baseou-se em pesquisa na literatura e em fontes locais sobre a caracterização sócio-econômica do município em que se encontra a área de estudo, bem como a descrição da Geologia, Geomorfologia, hidrografia, vegetação, altimetria e clima para caracterização do meio físico da BHRO.

Ainda na primeira fase o trabalho foi direcionado à busca de materiais tais como produtos de Sensoriamento Remoto (fotografias aéreas e imagens de satélite); produtos cartográficos convencionais (carta topográfica, mapa de formações geológicas de superfície e mapa geomorfológico).

Neste momento ocorreu ainda a aplicação da metodologia proposta, iniciando-se pelo armazenamento das informações em um banco de dados dos mapas analógicos para o formato digital, via processo de digitalização, dando origem à base de dados digital georreferenciada com todo o levantamento das informações relevantes para o trabalho. A sistematização da base cartográfica foi feita com a utilização dos Softwares: Auto Cad MAP 3D 2012 e Auto Cad CIVIL 3D 2012.

Os resultados da primeira fase do trabalho deram-se na obtenção dos seguintes mapas: Mapa Cadastral; Mapa de Hipsometria, Carta de Declividades, Mapa de Sub-bacias e Áreas de Contribuição, Mapa de Uso e Cobertura do Solo, Mapa de Formações Geológicas de Superfície, Mapa de Aquíferos, Mapa de Materiais Inconsolidados, Mapa de Escoamento Superficial, Mapa Pluviométrico, Mapa de Captações e Lançamentos, Mapa de Fontes Poluidoras, Mapa de Restrições à Ocupação e Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação.

A segunda fase do trabalho baseia-se na reclassificação das Unidades Básicas de Compartimentação, onde através da manipulação dos Mapas de Escoamento Superficial, de Aquíferos, Uso e Cobertura do Sob, Pluviométrico, Captações e Lançamentos, Fontes Poluidoras e de Restrições de Ocupação, foi

realizada a delimitação das Unidades Geoambientais que deram origem à Carta de Zoneamento Geoambiental.

A terceira fase trata-se da descrição dos resultados contendo a caracterização de cada Zona Geoambiental, uma análise dos cenários de ocupação urbana e rural da bacia e à elaboração da Carta Síntese de Diretrizes para o Ordenamento Territorial.

A quarta e última fase do trabalho trata-se da dedicação à elaboração do texto final e conclusivo do trabalho, onde deverá ser contemplada uma avaliação de todo o processo e dos resultados obtidos.

6. COLETA DE DADOS E RESULTADOS PARCIAIS

O desenvolvimento da coleta de dados do meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro foi realizado em escala de 1:50.000, no sistema de coordenadas UTM – Córrego Alegre – Fuso 23 e resultou em um banco de dados com os atributos considerados essenciais e necessários à elaboração do Zoneamento Geoambiental, os quais têm as suas formas de obtenção, tratamento e resultados obtidos, descritos a seguir.

6.1. *Mapa Cadastral*

O Mapa Cadastral da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro foi definido a partir do estabelecimento dos divisores de água identificados através da leitura e interpretação de cartas topográficas editadas pelo IBGE na escala de 1:50.000, englobando parte das folhas de Pirassununga, SF-23-V-C-V-3; Descalvado, SF-23-V-C-IV-4, Leme, SF-23-Y-A-II-1; e Corumbataí, SF-23-Y-A-I-2. As referidas cartas obtidas em formato vetorial foram devidamente articuladas e georreferenciadas pelo Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator – UTM, sendo adotado o elipsoide Córrego Alegre com meridiano central 45o WGr, seguindo as projeções indicadas nas folhas topográficas. O Mapa Cadastral (APÊNDICE 01), é o material cartográfico básico deste trabalho e tem caráter auxiliador para todos os demais levantamentos.

Basicamente este mapa contém as informações das curvas de nível, rios e corpos d'água, os quais foram obtidos das folhas do IBGE e serviram de referência para o traçado manual da delimitação da área da BHRO. A área urbanizada e perímetro urbano, informações contidas no referido mapa, foram obtidas através da manipulação dos mapas do Plano Diretor de Pirassununga/SP em Sistema de Coordenadas WGS 84, os quais foram transportados para o Mapa Cadastral através do procedimento de conversão para o sistema UTM – Córrego Alegre-Fuso 23.

Nota-se através da análise dessas informações básicas, que a área da BHRO é formada em sua maioria por áreas rurais pertencentes ao Município de Pirassununga/SP e uma pequena parte do Município de Porto Ferreira/SP. Pode-se destacar, também, que a malha urbana de Pirassununga e o atual perímetro urbano ordenado pelo Plano Diretor da cidade transpõem os limites da área da bacia, evidenciando a tendência de ocupação às margens da Rodovia Anhanguera (SP 330)

no sentido Norte-Sul, e a Rodovia Pirassununga-Aguaí (SP 225), no sentido leste-oeste.

O mapa possui, também, a informação das Fontes Poluidoras identificadas através de levantamento de campo, as quais foram inseridas pela obtenção das coordenadas com auxílio de receptor GPS, durante o procedimento de identificação. Nota-se, nesse aspecto, que a área estudada abriga principalmente dois cemitérios e um aterro de resíduos sólidos controlado, além de diversos postos de combustíveis predominantemente localizados na área urbana, informações estas que serão melhor analisadas em posse da carta de zoneamento geoambiental.

6.2. Mapa de Hipsometria

O Mapa de Hipsometria foi criado a partir do MNT – Modelo Numérico do Terreno gerado pela manipulação das cartas topográficas do IBGE no software AutoCad Civil 3D, comando *Elevations*. O mapa tem a finalidade de representar a elevação da BHRO através de uma escala de cores que possui equivalência com a elevação do terreno.

Dessa forma, o Mapa de Hipsometria (APÊNDICE 02), possibilitou um melhor entendimento do relevo da BHRO, onde, através da leitura das escalas de cores criadas a partir de faixas de 20 em 20 metros, foi possível identificar os locais de menor e maior altitude da área estudada.

Nota-se, portanto, que as variações altimétricas encontradas na referida área estão entre as altitudes 540m, na porção nordeste da área, e 800m, na região sudoeste da bacia, apresentando um desnível total de 260 metros da cabeceira até a foz do Ribeirão do Ouro. Observa-se, também, que a área urbana de Pirassununga está consolidada entre as cotas 580m e 660m em relação ao nível do mar.

6.3. Carta de Declividades

A partir do Modelo Numérico do Terreno, utilizando o software AutoCad Civil 3D, comando *Slopes*, obteve-se a Carta de Declividades (APÊNDICE 03), documento cartográfico responsável por representar as variações das inclinações da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. A leitura e a interpretação da Carta de Declividades da BHRO facilita o entendimento e a manipulação no processo de

modelagem de informações do meio para a determinação de potencialidades e restrições, bem como para a identificação de elementos e unidades de relevo.

A referida carta caracteriza a área de estudo a partir da distribuição contínua da declividade de uma determinada área por meio de uma faixa de variação da inclinação do terreno, também chamada de classe de declividade. As classes de declividades geradas a partir do fatiamento da superfície da BHRO foram agrupadas em seis faixas, 0-2%; 2-10%; 10-20%; 20-30%; 30-45% e acima de 45%.

A adoção destas faixas baseou-se nos limites propostos por ZUQUETTE (1987), o qual explica que esta adoção de faixas para caracterização da distribuição de declividade facilita a análise individual de áreas frente aos diferentes tipos de ocupação, conforme Quadro abaixo.

Quadro 3: Resumo dos Limites críticos de ocupação do meio frente os valores de ocupação. Fonte: Adaptado de Zuquette, 1987.

Classes (%)	Ocupações do Meio Físico
0-2	Aeroportos internacionais e locais; redes ferroviárias principais.
2-5	Estradas principais, maquinário agrícola de plantio e cultivo; erosão começa a ser significativa; densidade elevada de ocupação com habitações.
5-10	Desenvolvimento urbano e industrial em grande escala, máximo para redes de sistema de saneamento, máximo absoluto para ferrovias.
10-15	Máximo para residências convencionais e para estradas em perímetro urbano; Desenvolvimento urbano; tratores com esteiras e tratores padrões.
15-20	Absoluta para residências, máquinas e estradas; habitações individuais.
20-25	Máximo para estruturas de engenharia.
25-45	Máximo para operar veículos tracionados.

A observação da distribuição de ocorrência das classes de declividades (Tabela 3), analisadas em função do quadro de ocupação do meio físico (Quadro 3), permite constatar que as classes menos restritivas e mais favoráveis à construção de estradas, ao desenvolvimento urbano e industrial e à operação de maquinários agrícolas (Muito Baixa, Baixa e Medianamente Moderada) perfazem aproximadamente 98% da área da bacia, estando contida dentro desses intervalos a área urbana de Pirassununga.

Dentre as faixas de declividade adotadas, as faixas mais restritivas de 20-30%; 30-45% e acima de 45% caracterizam as menores ocorrências em área e correspondem a apenas 2% da área da bacia.

Tabela 3: Classes de Declividade e valores de ocorrência em área.

Classe	Declividade (%)	Ocorrência (km²)
1 - Muito Baixa	0 – 2	48,18
2 - Baixa	2 – 10	61,21
3 - Medianamente Moderada	10 – 20	14,34
4 - Moderada	20 – 30	1,48
5 - Alta	30 – 45	0,59
6 - Muito Alta	>45	0,14

6.4. Mapa das Sub-Bacias e Áreas de Contribuição

A subdivisão da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro em seus componentes de menor ordem hierárquica, as chamadas sub-bacias, permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados na BHRO, entre outras eventuais ocorrências.

A compartimentação geográfica da BHRO foi realizada com base nas delimitações naturais pré-estabelecidas pelos divisores de água identificados pela leitura e interpretação da malha hídrica e das curvas de nível das folhas topográficas do IBGE.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro tem 125,94 Km² de área de drenagem e em seu território estão distribuídos 97,80 km de cursos d'água de forma proporcional entre as suas sub-bacias. Dessa forma, o traçado das subdivisões da BHRO resultou na determinação de 3 (três) sub-bacias e 12 (doze) áreas de contribuição, conforme representadas no Mapa das Sub-Bacias e Áreas de Contribuição. (APÊNDICE 04)

6.5. Mapa de Uso, Cobertura do Solo e Restrições à Ocupação

O mapa de uso e ocupação pode ser caracterizado como um documento cartográfico que retrata a disposição espacial das atividades existentes no meio físico, para um intervalo de tempo definido (Amorim, 2003).

A obtenção deste documento deu-se por meio da interpretação de dados orbitais de sensores remotos, imagens de satélite e fotografias aéreas, e por trabalhos de campo. Para a obtenção das características de uso e ocupação do meio físico da

Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro (APÊNDICE 05), utilizou-se fotografias aéreas como fonte de informações, as quais, após georreferenciadas, foram submetidas ao procedimento de fotointerpretação. O procedimento de fotointerpretação consiste no exame das imagens dos objetos nas fotografias e a dedução da sua significação, o qual foi auxiliado por trabalho de campo.

Embora este procedimento seja lento e exija uma análise cuidadosa, é importante salientar que além da BHRO ser relativamente pequena e das imagens serem de excelente qualidade, a interpretação do uso e cobertura do solo foi muito facilitada por se tratar de uma área que possui usos, cultivos e demais vegetações naturais com características de fácil identificação.

Dessa forma, as principais atividades de uso e ocupação vigentes na bacia, ficaram definidas da seguinte forma: 1) Mata Ciliar, presente ao longo das faixas marginais dos cursos de drenagem; 2) Mata Nativa, vegetação de cerrado e cerradão; 3) Áreas de pastagem; 4) Áreas de cultivo de cana-de-açúcar; 5) Áreas de cultivo de laranja e 6) Área urbana. As Figuras 22 a 25 apresentam exemplos de algumas atividades identificadas em campo, as quais auxiliaram a fotointerpretação e elaboração do mapa.

Tabela 4: Principais atividades de uso e cobertura do solo vigentes na BHRO.

Tipo de uso e ocupação	Área (Km²)	Área (% do total)
Mata Ciliar	9,87	7,84
Mata Nativa	8,75	6,95
Áreas de pastagem	6,23	4,94
Áreas de cultivo de cana-de-açúcar	70,17	55,72
Áreas de cultivo de laranja	16,27	12,92
Área urbana	14,65	11,63

Das ocorrências de uso do terreno caracterizadas por atividades antrópicas, pode-se constatar que a atividade de cultivo de cana-de-açúcar apresenta o maior percentual de ocorrência em área (55,72%), seguida do cultivo de laranja (12,92%). As atividades de pastagem, principalmente localizadas no interior do campus da Universidade de São Paulo - USP, apresentam uma parcela pouco significativa (4,94%). As atividades relativas às áreas que conservam suas condições naturais do meio, mata nativa e mata ciliar perfazem 14,79% da área da bacia e a área de ocupação urbana corresponde a 11,63%.

Os resultados obtidos permitem classificar a BHRO como uma região com predomínio de atividades de desenvolvimento rural, uma vez que, de forma geral, as atividades rurais totalizam 73,58% da área total da bacia.



Figura 22: Exemplo de ocorrência em campo da atividade de cultivo de cana-de-açúcar em estágio de crescimento. Fonte: Autor 2013.



Figura 23: Exemplo de ocorrência da atividade de pastagem em área do Campus da USP. Fonte: Autor 2013.



Figura 24: Exemplo de ocorrência de mata ciliar próximo de nascente. Ao fundo, morrote conhecido popularmente como “Morro da Cantareira” e o início da escarpa a sua direita.

Fonte: Autor 2013.



Figura 25: À frente cultivo de cana-de-açúcar e em estagio avançado e ao fundo, exemplo de ocorrência da vegetação nativa ao longo da escarpa. Fonte: Autor 2013.

Em relação às áreas de restrições à ocupação, informação adicional inserida no mapa de uso e cobertura do solo, foram adotados os critérios de preservação apresentados pela legislação vigente, sobretudo do Novo Código Florestal e Resoluções CONAMA, os quais determinam entre outros, os limites para áreas de preservação da vegetação marginal aos rios, bem como da proteção das áreas com potencialidade de recarga de aquífero.

Dessa forma, através da utilização das ferramentas *Off-set* e *Circle* do AutoCad Civil 3D, foram definidas as limitações das faixas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água e ao redor das nascentes, adotando faixa de 30m para rios com até 10 metros de largura, 100m para rios com largura entre 50 e 200 metros e raio de 50m no entorno das nascentes.

No caso das áreas com potencialidade de recarga de aquífero, os locais foram delimitados com base nas informações do Mapa de Formação Geológicas de Superfície.

Os resultados obtidos indicam a existência de uma extensa área com potencial para recarga de aquíferos, representada pelas porções aflorantes do aquífero fraturado Serra Geral, representado por intrusivas básicas, e pela presença de uma pequena parcela exposta do aquífero granular Guarani. É importante salientar que estas áreas de afloramento constituem locais mais vulneráveis, pois permitem que eventuais contaminantes infiltrem diretamente nos aquíferos.

Embora exista somente uma pequena parcela aflorante da Formação Pirambóia na BHRO, é importante considerar também que parcela da Formação Serra Geral distribuída a oeste-sudoeste da bacia pode representar uma importante fonte de recarga indireta do aquífero Guarani por ela confinado, ou seja, mesmo em se tratando de uma rocha considerada maciça e impermeável, o fato de existirem fraturas nas rochas, permitiria que a água atingisse a Formação Pirambóia subjacente.

É importante salientar também que, segundo Massoli (1983), na maior parte da área, a infiltração de contaminantes afetará tanto o aquífero cenozoico, como o próprio aquífero Serra Geral, o qual está intrusivo no aquífero Passa-Dois e logo abaixo vem o aquífero Tubarão.

Neste sentido, mesmo esperando-se que pelo longo tempo de contato com as rochas possa aumentar a mineralização das águas, a hipótese bem provável de haver significativas fendas nas rochas da Formação Serra Geral nesta região exige a elaboração de mais estudos técnicos sobre essas áreas, indicando também que, deve-se manter cuidados especiais quanto aos processos de urbanização dessas áreas, principalmente no planejamento das atividades industriais e comerciais que envolvem produtos químicos e/ou combustíveis, a deposição de resíduos sólidos, a implantação de cemitérios, bem como do controle de produtos agroquímicos nas áreas rurais.

6.6. Mapa de Pluviosidade

A confecção deste documento foi elaborada a partir de dados do Relatório de Situação da UGHRI 9, o qual, para uma caracterização mais detalhada da precipitação pluviométrica, realizou a interpolação dos dados dos postos meteorológicos do DAEE, obtendo-se superfícies de resposta para a precipitação total anual, precipitação acumulada nos meses de outubro a março, e precipitação acumulada nos meses de abril a setembro. Segundo o referido relatório, no período de outubro a março ocorrem 80% do total das chuvas anuais, restando 20% para o semestre de abril e setembro. As máximas de chuva ocorrem nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e as mínimas, nos meses de junho, julho e agosto.

O Mapa de Pluviosidade da BHRO (APÊNDICE 06), por sua vez, utilizou somente as informações dos totais anuais médios de chuva em série histórica de 30 anos (1961-1990), das quais foi possível observar que na área estudada estes totais variam desde 1400 a 1450 mm/ano, na região extremo sul da BHRO, até 1500 a 1550 mm/ano, na região extremo norte da mesma área. Nota-se, ainda, que a maior representatividade da BHRO apresenta totais anuais de precipitação que variam 1450 a 1500 mm/ano.

Também fazem parte deste documento as informações dos Pontos de Captação de Água e Lançamentos de Esgoto outorgados, as quais foram obtidas através da digitalização e georreferenciamento do Mapa de Outorgas DAEE – Junho/2008, elaborado pelo CHB-MOGI – Comitê da Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu. A bacia apresenta diversos pontos de captação (superficial e subterrânea) localizados predominantemente na zona rural, o que indica que as outorgas desta região tendem

para fins agropecuários, visto que essas atividades não são atendidas pela rede pública.

O Relatório de Situação da UGHRI 9 apresenta, ainda, a situação da disponibilidade hídrica da região, onde através dela foi possível obter-se os dados de disponibilidade hídrica da BHRO. Por se tratar de uma área relativamente pequena e bastante homogênea, a disponibilidade hídrica da BHRO apresentou um escoamento total estimado para os cursos d'água (vazão média de longo período) de 198,9 m³/s, o que representa 29% da precipitação pluviométrica, sendo este o máximo potencial possível de ser explorado. Apresentou ainda, vazão mínima anual de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno (Q_{7,10}) de 48,2 m³/s, estimada estatisticamente a partir de amostras de dados observados.

6.7. Mapa de Formações Geológicas de Superfícies

Segundo São Paulo-IG (1981) e Melo (1995), o Mapa das Formações Geológicas de Superfície (APÊNDICE 07), demonstra que a área estudada está situada na bacia vulcano-sedimentar do Paraná e apresenta as seguintes formações geológicas de superfície com seus respectivos materiais de origem e suas características quanto à capacidade de armazenar água:

- i) **Paleozóico - Permiano: Formação Corumbataí (Pc):** Presente às margens de partes do Ribeirão do Ouro e seus afluentes, essa formação é constituída, na sua seção inferior, de um pacote de argilitos, folhelhos e siltitos, com fraturas concoidais e concreções calcíferas e ainda um conjunto de argilitos e folhelhos cinza escuros, de aspecto rítmico, com ocasionais leitos de calcário silicificado, oolítico, além de níveis coquinóides. Na seção superior da formação, ocorre uma seqüência de argilitos e arenitos finos, argilosos, regular a bem classificados, esverdeados, arroxeados e avermelhados.

Como é constituída por sedimentos predominantemente finos, sua capacidade em fornecer água é bastante baixa e com produtividade insuficiente para o abastecimento de grandes comunidades. Dessa forma, hidrogeologicamente falando, esta formação é denominada como aquíclode, aflorando de formas bem isoladas na área de estudo.

- ii) **Mesozóico - Triássico: Formação Piramboia (TRp):** Encontrando-se em uma região de escarpa junto às principais nascentes do Ribeirão do Ouro, essa formação constitui-se de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados e róseos, médios a muito finos, ocasionalmente grossos, regularmente classificados, síltico-argilosos, quartzosos, com grãos subarredondados e intercalações de siltitos e argilitos. Mais raramente, observam-se, ainda, arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzo e também de argila, com matriz areno-argilosa. Na seção inferior os arenitos tomam-se finos, predominando fácies bastante argilosa. Apresentam acamamento plano-paralelo e estratificação cruzada do tipo planar, menos comumente acanalada, de pequeno e médio porte.

Com relação a sua capacidade de armazenar água, a Formação Pirambóia é uma das mais importantes formações geológicas que compõem o sistema Aquífero Guarani, o qual trata-se de um aquífero poroso e confinado em aproximadamente 90% de sua área total. Na região estudada este aquífero se apresenta na forma de afloramento em uma singela porção ao sul da BHRO, tratando-se, provavelmente, de uma área de recarga do sistema, embora possua algumas nascentes ao longo de sua extensão, que é formada predominantemente por uma escarpa.

- iii) **Mesozóico – Cretáceo: Intrusivas básicas (VV):** As áreas onde ocorrem as rochas intrusivas básicas da Formação Serra Geral afloram desde as áreas das escarpas existentes na cabeceira da bacia até as regiões formadas por colinas amplas espalhadas pela BHRO. Segundo Massoli (1983) estas rochas intrusivas da Formação Serra Geral chegam a 100 metros de espessura nesta região e estão intercaladas entre o Aquicludo Passa-Dois e Aquífero o Tubarão.

Em virtude do armazenamento e circulação de água estarem associados aos seus sistemas de fraturamentos e juntas, a Formação Serra Geral é considerada um aquífero fraturado, o qual ocorre de forma dispersa em boa parte da área de estudo. É sabido que esta formação geológica formada por rochas fraturadas encontra-se na região tanto sobreposta como subjacente à Formação Pirambóia, porém, na área de estudo, nota-se que, na sua maior parte, encontra-se entre o Grupo Passa Dois e o Grupo

Tubarão, sem ligação com o Aquífero Guarani, a não ser no morro Cantareira.

iv) **Cenozóico – Quaternário: Formação Santa Rita do Passa Quatro (Qsr):**

Essa formação conforme descreve Massoli (1981), pode ser considerada como “*capeamentos quaternários, sendo pouco espessos, mas com ampla distribuição horizontal, constituída por areias com pouca matriz argilosa, sem estruturas sedimentares, com cascalheira basal de seixos predominantemente de quartzo e fragmentos de limonita*”. Na região da BHRO, esse tipo de formação está localizada restritamente próxima à altitude 795 m, cota mais alta da cabeceira da bacia estudada. Ferreira e Caetano-Chang (2008) descrevem ainda esta formação como depósitos arenosos, com origens extremamente diversas (fluviais ou elúvio-coluvionares).

Hidrogeologicamente esta formação não tem sido profundamente estudada, no entanto, considerando que se trata de uma cobertura cenozóica semelhante à Formação Rio Claro e Formação Pirassununga, as quais vêm sendo consideradas de expressão na exploração de águas subterrâneas na região, pode-se atribuir à Formação Santa Rita do Passa Quatro, a denominação de um aquífero livre pouco profundo e poroso.

v) **Cenozóico – Quaternário: Formação Pirassununga (Qp):**

Unidade geológica de maior representatividade na área de estudo, a Formação Pirassununga surge na área predominantemente sobreposta à Formação Corumbataí e às Rochas Intrusivas Básicas, localizadas entre as cotas 580 e 670m. Constituída por sedimentos arenosos inconsolidados, não estratificados e sem estrutura, verticalmente homogêneos, sobrepostos indiferentemente às formações mais antigas, em cuja base têm sido encontradas, por vezes, linhas de seixos subangulares e arredondados, de formas variadas, ou cascalheiras de espessura centimétrica, ambas compostas por seixos de quartzo, quartzito e limonita (concreções). Sua espessura não ultrapassa 20 metros e dispõe-se de modo descontínuo na folha de Leme. A coloração predominante desses sedimentos é marron-avermelhada, com baixo grau de seleção, contendo minerais argilosos, grãos de quartzo com vários índices de arredondamento, às vezes com película de óxido de ferro secundário e minerais máficos.

Perfurações e estudos realizados no município vizinho de Porto Ferreira propiciaram informações geológicas até então ignoradas e constataram que a Formação Pirassununga apresenta considerável viabilidade para a captação de água subterrânea para abastecimento público municipal. Dessa forma, semelhantemente aos sedimentos cenozóicos atribuídos à Formação Rio Claro, a Formação Pirassununga pode ser considerada um aquífero livre, poroso e de pequena profundidade.

- vi) **Cenozóico – Quaternário: Depósitos Recentes (Qa):** Ocupam as planícies aluvionares que ocorrem em partes do Ribeirão do Ouro e de seus afluentes, sendo constituídos por areias, siltes e argilas.

Em termos hidrogeológicos e a depender da espessura e da razão areia/argila desses depósitos, podem ser produzidas vazões significativas nos poços tubulares perfurados para uso familiar, sendo, contudo, bastante comum que os poços localizados neste locais captem água dos aquíferos subjacentes.

6.8. Mapa de Materiais Inconsolidados

O Mapa de Materiais Inconsolidados, segundo Junqueira (2012), é um mapa básico fundamental, que deve apresentar todos os materiais que estão sobre o substrato rochoso. Estes materiais devem ser diferenciados quanto à textura, à origem, à rocha mãe, à espessura (profundidade do substrato) e outras características.

Castro (1998) explica, que os materiais inconsolidados resultam, na maioria das vezes, da ação de intemperismo e o seu conhecimento é de grande importância para as obras de engenharia em geral, pois estas assentam-se, na maioria das vezes, diretamente sobre o solo, e o conhecimento das características geotécnicas destes materiais, residuais ou transportados, contribui para a correta intervenção antrópica no meio físico. Desta forma, o Mapa de Materiais Inconsolidados (APÊNDICE 08) foi produzido pela análise de cada parcela do terreno, a partir dos resultados dos ensaios de mecânica dos solos realizados por Galiano (2001) e adaptada à BHRO. Segundo o referido autor, as áreas foram classificadas segundo a característica do material inconsolidado de cada formação geológica de superfície (residual ou retrabalhado), e a

identificação foi feita seguindo a cor de cada formação geológica, com a utilização de tons mais claros para os materiais inconsolidados retrabalhados.

i) **Material inconsolidado residual das rochas Intrusivas Básicas:** O material inconsolidado residual das rochas Intrusivas Básicas aparece em considerável porcentagem na área mapeada, predominantemente nas regiões com suave ondulação, apresentando: textura argilo-siltosa, comportamento laterítico (LG') nas camadas mais superiores, e não lateríticos (NG'), nas camadas mais profundas, percentagem de argila superior a 50%, silte entre 25 e 40% e umidade ótima de 28 a 32%.

ii) **Materiais inconsolidados retrabalhados das rochas Intrusivas Básicas:** Os materiais classificados neste grupo, que aparecem principalmente nos vales das regiões desta formação, apresentaram teores de areia acima de 30% e comportamento laterítico, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,6 g/cm³. Apresentaram permeabilidade baixa a praticamente impermeável, umidade ótima em média 23,0 a 31,0%, CTC do solo variando de 7,3 a 44,0 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1 na maior parte dos ensaios.

iii) **Materiais inconsolidados retrabalhados da Formação Pirambóia:** A pequena porção de área referente à Formação Pirambóia apresenta-se com materiais inconsolidados retrabalhados, com menos de 30% de finos e comportamento laterítico, permeabilidades baixas, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,85 g/cm³. Apresentaram umidade ótima em média 14,5%, CTC do solo igual a 5,5 cmol+/Kg, e índice de erodibilidade maior que 1.

iv) **Materiais inconsolidados residuais da Formação Corumbataí:** Os materiais inconsolidados, existentes neste grupo, perfazem aproximadamente 90 % da área da formação geológica. Apresentaram menos de 15% de areia em alguns pontos de coleta. Na maior parte dos ensaios, os materiais inconsolidados apresentaram comportamento não laterítico e permeabilidades baixas. Apresentaram permeabilidade baixa a quase impermeável, massa específica seca obtida com o proctor normal, variando de 1,28 a 1,90 g/cm³, com umidade ótima em média variando de 10,0 a 31,0%, CTC do solo com resultados de 16,5 a 64,2 cmol+/Kg e

índice de erodibilidade maior que 1, nas camadas superiores, e menor que 0,60 nas camadas inferiores.

v) **Materiais inconsolidados retrabalhados da Formação**

Pirassununga: Esses materiais aparecem em grande parte da área mapeada, nas regiões de extensos topos planos da planície do rio Mogi Guaçu, apresentaram menos de 30% de finos, permeabilidade média, comportamento não laterítico, na maioria dos pontos coletados. Alguns pontos apresentam menos de 20 % de finos (mais de 80% de areias) onde foram encontradas areias não lateríticas e permeabilidades médias (10^{-4} cm/s). Em outro local foram identificados solos de coloração mais avermelhada onde foram encontradas porcentagens altas de finos, com acréscimo de areia em profundidade, apresentando permeabilidade mais baixa (10^{-3} cm/s) e comportamento de argila laterítica em todas as profundidades.

vi) **Materiais inconsolidados retrabalhados da Formação Santa Rita do**

Passa Quatro: A Formação Santa Rita do Passa Quatro apresenta uma pequena parcela de terreno em relação à área de estudo. Encontra-se em uma área de topo plano, com declividades predominantemente abaixo de 10%, situada na extremidade sudoeste da quadrícula. Toda essa parcela foi considerada como materiais inconsolidados retrabalhados desta formação, considerando as características de relevo, declividade e observações de campo. Feres (2002), descreve as características destes materiais com permeabilidade média, variando entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/s e textura arenosa, apresentando ainda espessuras de aproximadamente 8m e com alto índice de erodibilidade.

vii) **Materiais inconsolidados retrabalhados das áreas de aluvião:**

As amostras de materiais inconsolidados das áreas de aluvião, segundo Galiano (2000), foram coletadas em locais mais altos, onde sazonais alagamentos ocorreriam somente em grandes cheias. Os materiais originários das áreas de aluvião apresentam textura arenosa, com menos de 30% de finos, permeabilidade média, massa específica seca, obtida com o proctor normal variando de 1,84 a 1,96 g/cm³, com umidade ótima em média 24,7%, CTC do solo com resultados que variam de 5,5 a 9,2 cmol+/Kg.

6.9. Carta Escoamento Superficial

A Carta de Escoamento Superficial da BHRO (APÊNDICE 09) é resultado da adaptação do material produzido por Galiano (2001), o qual utilizou-se a metodologia proposta por Zuquette (1987 e 1993) e aprimorada por Pejon (1992), obtida pela generalização tipológica e cartográfica, apresenta zonas homogêneas quanto aos aspectos de escoamento superficial e infiltração no solo, de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4: Pontuação dos atributos do meio físico utilizados para a elaboração da carta potencial de escoamento superficial, (PEJON, 1992), citado por Galiano, 2001.

Feições que favorecem ao armazenamento superficial.		Lagoas, pequenas depressões. (grande quantidade) (10)		Lagoas, pequenas depressões. (pequena quantidade) (20)		não apresenta (30)					
Densidade de drenagem (canais/km)		menos que 2 (10)		2 a 5 (20)		mais que 5 (30)					
Material	Textura	Arenoso (<20% finos) Residual e Retrabalhado (10)	arenoso (<30% finos) Residual e Retrabalhado (14)	Argilo-poroso Retrabalhado (20)	Argilo-siltoso Residual (30)	siltos-argilosos Residual (40)					
	Gênese										
Inconsolidado.	Espessura (m)	Maior que 5 (10)		3 a 5 (16)		0,5 a 3 (20)					
	Permeabilidade (m/s)	Maior que 10 ⁻⁴ (5)		10 ⁻⁵ (6)		10 ⁻⁶ (7)					
Litologia		Arenitos Fm. Pirambóia, Botucatu, Sta Rita do Passa Quatro, Pirassununga e depósitos recentes (10)		Arenitos Fm. Itaqueri e Itararé (16)		Arenitos/siltos Arenosos/Diamictitos Fm. Itararé e Grupo Tatuf (20)					
						Argilitos/siltos Fm. Itararé Magmatitos Básicos Fm. Serra Geral (30)					
Classes de Declividade		A1 (15)	A2 (24)	B1 (36)	B2 (45)	C1 (60)	C2 (66)	C3 (75)	C4 (90)		
Total de pontos Das classes		70-89	90-109	110-129	130-149	150-169	170-189	190-209	210-229	230-249	250-272
Classes de escoamento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL AUMENTA



Os resultados deste documento cartográfico demonstram para a área estudada, que as classes de menor escoamento superficial estão sobre os terrenos da Formação Pirassununga e Formação Santa Rita do Passa Quatro.

Essas formações geológicas são predominantemente arenosas, o que favorecem grandemente a infiltração, apresentando baixos índices de potencial de escoamento superficial. Quase a totalidade das áreas destas formações encontram-se em regiões de relevo suave, outro fator que favorece a infiltração e desfavorece o escoamento, o que resultou na área estudada, portanto, numa grande representatividade das classes 1 e 2.

As áreas de materiais inconsolidados oriundos das rochas Intrusivas Básicas, apesar de possuírem características predominantemente argilosas, apresentam, em algumas regiões, permeabilidade média, com coeficientes 10⁻³ cm/s, propiciando

baixos índices de potencial de escoamento superficial em sua região, (classificadas com classes 3 e 4).

A região da Formação Corumbataí, embora possua pouquíssimas porções aflorantes na BHRO, apresentou os maiores índices de potencial de escoamento superficial, atingindo a mediana classe 5 de potencial de escoamento.

A Formação Pirambóia, formada por arenitos com permeabilidades médias, propiciou a ocorrência de baixos coeficientes de escoamento superficial, representados pelas classes 2, 3 e 4, as quais se diferenciam, principalmente, pelas diferentes classes de declividades a elas atribuídas.

De acordo com as características dos materiais inconsolidados encontrados, observamos, também, que a maior parte das áreas de aluvião apresenta baixos coeficientes de escoamento superficial (classes 1, 2 e 3), por apresentarem textura arenosa e declividades menores que 5%, em quase toda a sua extensão.

6.10. Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação

O Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (APÊNDICE 10) foi elaborado a partir da metodologia de Vedovello (2000), a qual foi aplicada em estudos voltados a subsidiar o planejamento e o gerenciamento ambiental de diferentes regiões do Estado de São Paulo. Em linhas gerais, o autor esclarece que uma compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem internamente características fisiográficas homogêneas e que sejam distintas das de áreas adjacentes.

Dessa forma, semelhantemente ao modelo proposto por Vedovello (2000), a compartimentação da área foi dividida em quatro diferentes níveis taxonômicos: Província, Zona, Subzona e Unidade, onde esses níveis foram determinados com base na nomenclatura comumente utilizada nos trabalhos de compartimentação, bem como, com base nas divisões fisiográficas identificadas na região estudada.

A primeira divisão foi realizada em nível de Província, a qual corresponde às diferenças fisiográficas de natureza tectônica em nível regional. Nesta etapa, foi identificada que a área de estudo situa-se na Bacia Vulcano-Sedimentar do Paraná, sendo assim, foi necessário diferenciar-se a província de acordo com as Eras em que

se encontravam. Assim, as três províncias identificadas foram denominadas e simbolizadas de Cenozóico (C), Mesozóico (M) e Paleozóico (P).

A segunda divisão foi realizada em nível de Zona, na qual, associou-se as variações das formações geológicas de superfície. Neste nível, identificou-se as unidades geológicas que ocorrem na área de estudo, denominando-as e simbolizando-as da seguinte forma: QAI – Quaternário – Aluviões; Qp – Quaternário – Formação Pirassununga; Qsr – Quaternário – Formação Santa Rita do Passa Quatro; V – Cretáceo – Intrusivas Básicas; TRp – Triássico – Formação Pirambóia e Pc – Permiano – Formação Corumbataí.

A terceira divisão, em nível de Sub-Zona, foi elaborada através da identificação das diferentes unidades de terreno que compõem a área de estudo. Nesta fase de compartimentação, adotou-se a aplicação técnica de avaliação do terreno proposta por COOKE & DOORNKAMP (1990), citado por Lollo (1996), através da qual foi possível reconhecer e identificar as seguintes unidades: Planície (P); Vale (V); Colina (C); Morrote (Mt); Morro (M) e Escarpa (E).

Por se tratar de uma área relativamente pequena e principalmente suprida de fotografias aéreas de boa qualidade, optou-se por uma fotointerpretação tradicional, ou seja, a identificação direta das unidades e elementos de terreno conhecidas e reconhecidas na imagem pelo foto-interprete, auxiliada, também, pela projeção tridimensional da imagem através do software AutoCad Civil 3D (Figura 26) e por trabalho de campo para observação e conferência das informações foto-interpretadas.



Figura 26: Visualização 3D da BHRO, utilizada para auxiliar na identificação das unidades e elementos de terreno. Fonte: Autor 2013

Por fim, o quarto e último nível de compartimentação, deu-se através da caracterização dos elementos de terreno, tais como, as características de amplitude de relevo, forma dos topos, forma dos vales, declividades das vertentes e frequência de canais, as quais deram origem às diferentes Unidades Básicas de Compartimentação - UBC's que compõem a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro.

Dessa forma, a delimitação das unidades básicas de compartimentação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro ficou definida conforme demonstrado no Quadro 5.

Quadro 5: Delimitação das Unidades Básicas de Compartimentação.

DOMÍNIO REGIONAL - BACIA DO PARANÁ			
Província	Zona	Sub-Zona	UBC's
Cenozóico (C)	Quaternário Aluviões (QAI)	Planície Fluvial (P)	CQAIP 1 e 2
	Quaternário Fm. Pirassununga (Qp)	Morrote (Mt)	CQpMt
		Colina (C)	CQpC 1 a 3
Mesozóico (M)	Quaternário Fm. Santa Rita do Passa Quatro (Qsr) Jura-cretáceo Intrusivas Básicas (V)	Colina (C)	CQsrC
		Morrote (Mt)	MVMt
		Colina (C)	MVC 1 a 4
	Escarpa (E)	MVE	
	Triássico Fm. Pirambóia (TRp)	Morrote (Mt)	MTRpMt
Escarpa (E)		MTRpE	
Paleozóico (P)	Permiano Fm. Corumbataí (Pc)	Vale (V)	PPcV 1 a 2

Abaixo segue a descrição das diferentes unidades básicas de compartimentação:

- **CQAIP 1** – Aluvião em planícies fluviais, amplitude de 0 a 5 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.
- **CQAIP 2** – Aluvião em planícies fluviais, amplitude de 5 a 20m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.
- **CQpMt** - Formação Pirassununga em morrotes, topos angulosos, encostas côncavas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais.
- **CQpC 1** – Formação Pirassununga em colinas suave onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.

- **CQpC 2** – Formação Pirassununga em colinas suave onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 10%, vales abertos, com baixa frequência de canais.
- **CQpC 3** – Formação Pirassununga em colinas suave onduladas, encostas convexas, amplitude de 60 a 100 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.
- **CQsrC** - Formação Santa Rita do Passa Quatro em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais
- **MVE** – Intrusivas Básicas em escarpas, encostas retilíneas, amplitude de 120 a 180 m, declividade acima de 45%, vales fechados, isenta de canais.
- **MVMt** – Intrusivas Básicas em morrotes de topo arredondado, encostas convexas, amplitude de 60 a 120 m, declividade de 5 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais.
- **MVC 1** – Intrusivas Básicas em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade de 5 a 10%, vales abertos, com baixa frequência de canais.
- **MVC 2** – Intrusivas Básicas em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 5 a 60 m, declividade predominante de 5 a 10%, vales fechados, com baixa frequência de canais.
- **MVC 3** – Intrusivas Básicas em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 60 a 100 m, declividade de 5 a 10%, vales abertos, com baixa frequência de canais.
- **MVC 4** – Intrusivas Básicas em colinas onduladas, encostas convexas, amplitude de 60 a 100 m, declividade predominante de 5 a 10%, vales fechados, com baixa frequência de canais.
- **MTRpMt** - Formação Pirambóia em morrotes, topos angulosos, encostas côncavas, amplitude de 5 a 60 m, declividade predominante de 10 a 20%, vales fechados, com baixa frequência de canais.
- **MTRpE** – Formação Pirambóia em escarpas, encostas retilíneas, amplitude de 120 a 180 m, declividade acima de 45%, vales fechados, isenta de canais.
- **PPcV 1** – Formação Corumbataí em vales abertos, amplitude de 0 a 5 m, declividade de 0 a 5%, vales abertos, com baixa frequência de canais.
- **PPcV 2** – Formação Corumbataí em vales fechados, amplitude de 0 a 5 m, declividade predominante de 5 a 10%, vales fechados, com baixa frequência de canais.

7.RESULTADOS FINAIS E DISCUSSÃO

O zoneamento geoambiental deve ter como meta o fornecimento de subsídios técnicos para orientar e elucidar a tomada de decisões na implementação de alternativas de desenvolvimento regional compatíveis com a sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais.

Dessa forma, a Proposta de Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro foi realizada com base no estabelecimento inicial das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), apresentada por Vedovello (2000), a qual consiste na obtenção da cartografia temática final através da aplicação da regra de classificação e consiste em atribuir, à cada UBC, uma das classes da carta geotécnica, a qual pode ser feita diretamente pelo executor da cartografia ou por meio de procedimentos informatizados.

Segundo o referido autor, a opção por uma ou várias formas de aquisição dos dados e informações de caráter geotécnico, para cada UBC, é feita em função do nível de informação pretendido ou necessário ao estudo e também, em função dos recursos operacionais, financeiros e de tempo disponíveis.

Assim, com a compartimentação da bacia realizada foi necessário efetuar análises de homogeneidade e de similaridade. A análise de homogeneidade consistiu em verificar a existência de heterogeneidades internas nas unidades que justifiquem sua subdivisão por meio de novos limites. A análise de similaridade verifica a existência de unidades com características e/ou propriedades semelhantes, que devem ser classificadas sob as mesmas denominações.

Visto que foram identificadas 17 Unidades Básicas de Compartimentação, novos trabalhos de campo para complementar a confiabilidade na compartimentação e conferir hipóteses levantadas na fase de fotointerpretação foram realizados, onde, após estes estudos e as análises de homogeneidade e de similaridade, constatou-se que não haveria necessidade de subdividi-las e/ou unificá-las entre si, o que possibilitou a realização da sua reclassificação diretamente pelo executor, utilizando os bancos de dados e os *layers* associados às UBC's armazenados no AutoCad Civil 3D.

7.1. Carta de Zoneamento Geoambiental da BHRO.

A Carta de Zoneamento Geoambiental (APÊNDICE 11) foi obtida, através da reclassificação das UBC's, as quais foram devidamente analisadas de forma integrada, considerando as informações relativas às áreas e percentuais de ocorrências, declividade, escoamento superficial, materiais inconsolidados, nascentes, captações e lançamentos, pluviometria, fontes poluidoras, mancha urbana e restrições à ocupação.

O zoneamento elaborado resultou na obtenção da ordenação territorial da área em 17 zonas geoambientais, as quais retratam potencialidades e vulnerabilidades do meio quanto ao uso e ocupação, e consistem de uma base de dados que permite orientar a ocupação do espaço e uso dos recursos da bacia.

No que se refere ao potencial de escoamento superficial, a bacia apresenta um predomínio de condições de muito baixo a baixo escoamento, fato constatado entre as oito mais extensas zonas geoambientais estudadas, as quais exibem predomínio das classes 1, 2 e 3. As demais zonas geoambientais, as quais representam cerca de 40% da área da BHRO, apresentaram condições de escoamento médio, não ultrapassando a classe 5.

As regiões com restrições a ocupação por aspectos legais na área da bacia, correspondem principalmente a áreas destinadas à preservação permanente junto aos cursos de drenagem e nascentes, onde é proibida a retirada da vegetação para desenvolvimento de qualquer atividade de ocupação do meio. Em boa parte destas regiões por sua vez, observa-se que não apresentam a ocorrência da vegetação de mata ciliar e/ou nativa, fato que normalmente ocorre pela retirada da vegetação para ocupação do terreno por atividades agrícolas e/ou de pastagem.

Nas regiões com declividades superiores 45%, principalmente na região de escarpa, onde é proibido qualquer tipo de desmatamento, as informações relativas ao uso e ocupação da bacia mostram que estas correspondem, em grande parte, a áreas com ocorrência de mata nativa, sem registro de outras classes de uso do terreno.

As distintas zonas geoambientais da BHRO seguem descritas a seguir e as suas quantificações representadas na bacia, bem como os seus percentuais em relação ao total estão representados na Tabela 5 e Figura 44 e 45.

- i) **Zona Geoambiental 01:** caracteriza-se por uma área que apresenta muito baixo potencial de escoamento (classes 1 e 2), possuindo precipitação média anual entre 1450 e 1500mm/ano e declividade muito baixa predominantemente de 0 a 2%. Formada por aluviões em planícies fluviais, os materiais apresentam textura arenosa, com menos de 30% de finos e permeabilidade média. Nessas áreas não existem nascentes. Possuem 2 captações de água superficiais, 1 subterrânea e 2 fontes poluidoras através de lançamento de esgoto, todos em áreas rurais. Embora uma parcela já esteja ocupada por atividades urbanas, estes locais são considerados restritos à ocupação por se tratarem quase totalmente de locais propícios a alagamentos, podendo em alguns casos, quando não constarem de área de preservação permanente, ser ocupadas por atividades agrícolas. (Figura 27)



Figura 27: Imagem parcial de uma área já urbanizada, próxima ao cruzamento da Avenida Painguás com a Rua Duque de Caxias Norte, em Pirassununga, onde existem riscos de inundações. Do lado direito, a menos 3 de metros, está o leito do Ribeirão do Ouro. Fonte: Autor 2014.

- ii) **Zona Geoambiental 02:** caracteriza-se por uma área que apresenta muito baixo potencial de escoamento (classes 1 e 2), possuindo precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano e declividade baixa, predominantemente de 0 a 5%, porém com ocorrências isoladas que

chegam a 20%. Formada por aluviões em planícies fluviais com amplitudes maiores (5 a 20m), os materiais apresentam textura arenosa, com menos de 30% de finos e permeabilidade média. Nessas áreas não existem nascentes, não possuem captações e nem fontes poluidoras. Estes locais são considerados restritos à ocupação por se tratarem quase totalmente de locais propícios a alagamentos, podendo em alguns casos, quando não constarem de área de preservação permanente, ser ocupadas por atividades agrícolas. (Figura 28)



Figura 28: Imagem da Zona Geoambiental 02, próxima à ponte sobre o Córrego Tijuco Preto, a oeste da BHRO. Fonte: Autor 2014.

- iii) **Zona Geoambiental 03:** caracteriza-se por uma área que apresenta de baixo a médio potencial de escoamento (predominantemente classes 2 e 3, com ocorrências isoladas de classes 4 e 5), possuindo precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano e declividade média, predominantemente de 10 a 20%, porém com ocorrências que chegam a 30% próximo à escapa. Formada por materiais inconsolidados da Formação Pirassununga, esses materiais apresentaram menos de 30% de finos, permeabilidades baixas a médias (10^{-3} a 10^{-4} cm/s) e comportamento laterítico arenoso. Nesta zona foi observada, ainda, uma coloração mais avermelhada que os materiais inconsolidados predominantes do local, possivelmente pela presença do óxido de ferro, característico das rochas basálticas, fato este que explica o leve acréscimo de argila em relação aos demais pontos coletados desta formação geológica. Nessas áreas não existem nascentes,

não possuem captações e nem fontes poluidoras. Esta área possui atividades de cultivo de cana-de-açúcar, mas há também uma significativa parcela de vegetação natural. (Figura 29)



Figura 29: Imagem da Zona Geoambiental 03, com atividade de cultivo de cana-de-açúcar.
Fonte: Autor 2014.

- iv) **Zona Geoambiental 04:** caracteriza-se por uma área de baixo potencial de escoamento (predominantemente classe 2), possuindo precipitação anual entre 1450 e 1500 mm/ano em aproximadamente 80% de sua extensão e 1500 a 1550 mm/ano nas demais áreas localizadas próximas ao limite com o município de Porto Ferreira. Apresenta declividades muito baixas, predominantemente entre 0 a 2%. Formada por materiais inconsolidados da Formação Pirassununga, esses materiais apresentaram textura arenosa com menos de 20 % de finos (mais de 80% de areias) e permeabilidades médias (10^{-4} cm/s) e comportamento não laterítico. Nessa área existem 5 nascentes, onde de acordo com a legislação ambiental, devem ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. Possuem 4 pontos de captação superficial e 1 de captação subterrânea. Não existem fontes poluidoras. Cerca de 85% destas áreas estão ocupadas por atividades agrícolas de cultivo de cana-de-açúcar e laranja, possuindo, também, uma significativa porção de mata nativa. (Figura 30)

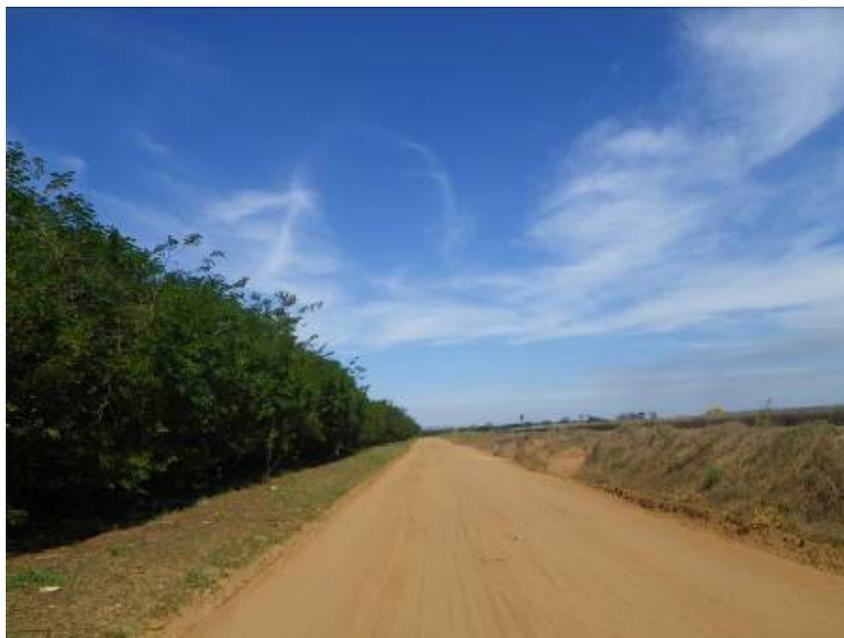


Figura 30: Imagem da Zona Geoambiental 04, próxima à divisa com o município de Porto Ferreira. À direita da estrada SP 328 apresenta atividade agrícola de plantio de cana-de-açúcar e à esquerda, laranja. Fonte: Autor 2014.

- v) **Zona Geoambiental 05:** caracteriza-se por uma área de baixo potencial de escoamento (predominantemente classe 2, com ocorrências isoladas de classe 3), possuindo precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano. Possui 2 pontos de captação de água superficial, 1 de captação subterrânea e 2 fontes poluidoras através de lançamento de esgoto e 1 fonte poluidora representada pelo aterro controlado de resíduos sólidos, todos em áreas rurais. A declividade dessas áreas é baixa, predominantemente de 2 a 10%, com ocorrências isoladas que podem atingir 20%. Formada por materiais inconsolidados da Formação Pirassununga, esses materiais apresentaram textura arenosa com menos de 20 % de finos (mais de 80% de areias) e permeabilidades médias (10^{-4} cm/s) e comportamento não laterítico. Nessa área existe 1 nascente, onde, de acordo com a legislação ambiental, deve ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. Cerca de 90% destas áreas estão ocupadas por atividades agrícolas de cultivo de cana-de-açúcar e laranja, possuindo, também uma significativa porção de área de pastagem e mata nativa. (Figura 31)



Figura 31: Imagem do acesso ao Aterro Sanitário do município de Pirassununga, dentro da Zona Geoambiental 05. Fonte: Autor 2014.

- vi) **Zona Geoambiental 06:** caracteriza-se por uma área que apresenta baixo potencial de escoamento (predominantemente classe 2), possuindo precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano nas porções a oeste da bacia e 1400 a 1450 mm/ano nas porções localizadas na extremidade sul da BHRO. Apresenta declividade baixa, predominantemente de 2 a 10%. Formada por materiais inconsolidados da Formação Pirassununga, esses materiais apresentaram textura arenosa com menos de 20 % de finos (mais de 80% de areias) e permeabilidades médias (10^{-4} cm/s) e comportamento não laterítico. Cerca de 50% desta zona está urbanizada e/ou está dentro do perímetro urbano proposto pelo Plano Diretor do município. A outra metade da área divide-se entre atividades agrícolas, onde predomina o cultivo de cana-de-açúcar. Por se tratar de uma área bastante extensa, nesta zona geoambiental existem 9 nascentes, onde, de acordo com a legislação ambiental, devem ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. Possui, também, 8 pontos de captação de água superficial espalhados pela zona rural, 3 pontos de captação de água subterrânea dentro do perímetro urbano e 3 pontos de lançamento de esgoto. Por conter quase toda a área urbana do município de Pirassununga, esta zona geoambiental apresenta, ainda, diversos outros

pontos poluidores, onde podem-se destacar 12 postos de combustível e 1 cemitério. (Figuras 32, 33 e 34)



Figura 32: Imagem do início de processo erosivo em área de plantio de cana-de-açúcar dentro da Zona Geoambiental 06, à leste da área urbana de Pirassununga. Fonte: Autor 2014.



Figura 33: Imagem do início de processo erosivo em direção à região de uma nascente, dentro da Zona Geoambiental 06, à leste da área urbana de Pirassununga. Fonte: Autor 2014.



Figura 34: Imagem panorâmica da região sul da BHRO, entre o aeroclube de Pirassununga e o Ginásio Presidente Médici. Esta área, bem como, cerca de 90% da malha urbana de Pirassununga estão dentro da Zona Geoambiental 06. Fonte: Prefeitura Municipal de Pirassununga 2005.

- vii) **Zona Geoambiental 07:** caracteriza-se por uma área de baixo potencial de escoamento (predominantemente classe 2, com ocorrências isoladas de classe 3), possuindo precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano em quase sua totalidade. Nesta área existem 2 pontos de captação de água superficial e 1 lançamento de esgoto. Área com atividades rurais quase exclusivamente de cultivo de cana-de-açúcar, esta zona está localizada em uma área de topo da cabeceira da BHRO, local este que apresenta as maiores altitudes de toda a área de estudo, chegando a 795m. A declividade dessas áreas é considerada baixa, variando entre 0 a 10%, com ocorrências isoladas que podem atingir 20%. Composta por materiais inconsolidados retrabalhados da Formação Santa Rita do Passa Quatro, esta zona geoambiental apresenta materiais com permeabilidade média, variando entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/s, textura arenosa e pode ser considerada de alto índice de erodibilidade. Nessa área existem 2 nascentes (uma delas, pode ser considerada a nascente principal do Ribeirão do Ouro), locais estes que de acordo com a legislação ambiental, devem ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros.

viii) **Zona Geoambiental 08:** caracteriza-se por uma área de baixo a médio potencial de escoamento (predominantemente classe 3, com ocorrências isoladas que chegam a classe 5). Possui precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano. Possui 1 ponto de captação de água subterrânea na porção localizada à norte da BHRO. Existe 1 nascente nesta área, onde de acordo com a legislação ambiental, deve ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. A declividade dessas áreas é baixa, predominantemente de 2 a 10%. Os materiais inconsolidados que compõem esta zona são predominantemente residuais das rochas intrusivas básicas, apresentando textura argilo-siltosa, comportamento laterítico (LG') nas camadas mais superiores, e não lateríticos (NG'), nas camadas mais profundas, percentagem de argila superior a 50%, silte entre 25 e 40% e umidade ótima de 28 a 32%. Em áreas próximas aos vales destas regiões, encontram-se também os materiais inconsolidados retrabalhados das rochas intrusivas básicas, os quais apresentaram teores de areia acima de 30% e comportamento laterítico, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,6 g/cm³. Apresentaram ainda permeabilidade baixa a praticamente impermeável, umidade ótima em média 23,0 a 31,0%, CTC do solo variando de 7,3 a 44,0 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1 na maior parte dos ensaios. A porção localizada a norte da BHRO, apresenta atividade agrícola voltada predominantemente ao cultivo de laranja, no entanto uma porção mais significativa desta zona geoambiental pertence ao Campus da Universidade de São Paulo – USP, o qual apresenta atividades voltadas principalmente ao ensino superior nas áreas de Veterinária, Zootecnia e Engenharia de Alimentos, mantendo grande parte deste local com matas nativas e outras destinadas às pastagens e cultivos agrícolas diversos. É importante salientar que esta zona é totalmente composta por área de recarga do Aquífero Serra Geral, sendo, desta forma, necessário um grande cuidado quanto aos riscos de contaminação desse manancial de água subterrânea, sobretudo em relação ao lançamento de esgoto sem tratamento em fossas negras, entre outros resíduos depositados diretamente no solo. (Figuras 35 e 36)



Figura 35: Imagem de talude próximo ao cruzamento entre a Rodovia Anhanguera e via interna do Campus USP, pertencente à Zona Geoambiental 08. Fonte: Autor 2014.



Figura 36: Imagem de área de pastagem no interior do Campus USP, pertencente à Zona Geoambiental 08. Fonte: Autor 2014.

ix) **Zona Geoambiental 9:** caracteriza-se por uma área com médio potencial de escoamento (predominantemente classe 4), possuindo precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano em quase sua totalidade. Nesta área existem 3 pontos de captação de água subterrânea e 1 fonte poluidora representada por um cemitério. Nesta zona existem 4 nascentes, locais estes, que de acordo com a legislação ambiental, devem ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. A declividade dessas áreas é baixa, predominantemente de 2 a 10%. Os materiais inconsolidados que compõem esta zona são predominantemente residuais das rochas intrusivas básicas, apresentando textura argilo-siltosa, comportamento laterítico (LG') nas camadas mais superiores, e não lateríticos (NG'), nas camadas mais profundas, percentagem de argila superior a 50%, silte entre 25 e 40% e umidade ótima de 28 a 32%. Em áreas próximas aos vales destas regiões, encontram-se também os materiais inconsolidados retrabalhados das rochas intrusivas básicas, os quais apresentaram teores de areia acima de 30% e comportamento laterítico, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,6 g/cm³. Apresentaram, ainda, permeabilidade baixa a praticamente impermeável, umidade ótima em média 23,0 a 31,0%, CTC do solo variando de 7,3 a 44,0 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1 na maior parte dos ensaios. Cerca de 80% destas áreas estão ocupadas por atividades agrícolas de cultivo de cana-de-açúcar e laranja, possuindo também uma significativa porção de área de pastagem e mata nativa, principalmente na região do Campus da USP. Outra parcela desta zona possui atividades urbanas ou estão por via de serem urbanizadas, uma vez que localiza-se dentro do perímetro de expansão urbana proposto pelo Plano Diretor Municipal. É importante salientar que esta zona é totalmente composta por área de recarga do Aquífero Serra Geral, sendo, desta forma, necessário um grande cuidado quanto aos riscos de contaminação desse manancial de água subterrânea, sobretudo, em relação ao monitoramento da atividade do cemitério existente nesta zona, ao lançamento de esgoto sem tratamento em fossas negras, entre outros resíduos depositados diretamente no solo. (Figuras 37 e 38)



Figura 37: Imagem da Zona Geoambiental 09, próximo à área de expansão urbana no setor norte do perímetro urbano de Pirassununga. Fonte : Autor 2014.



Figura 38: Imagem do acesso ao cemitério localizado na Zona Geoambiental 09. Fonte : Autor 2014.

- x) **Zona Geoambiental 10:** caracteriza-se por uma área com médio potencial de escoamento (classes 4 e 5), possuindo precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano em sua totalidade. Possui 1 nascente, que, de acordo com a legislação ambiental, deve ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. A declividade dessas áreas é baixa, predominantemente de 2 a

10%, com locais isolados que podem atingir 20%. Os materiais inconsolidados que compõem esta zona são predominantemente residuais das rochas intrusivas básicas, apresentando textura argilo-siltosa, comportamento laterítico (LG') nas camadas mais superiores, e não lateríticos (NG'), nas camadas mais profundas, percentagem de argila superior a 50%, silte entre 25 e 40% e umidade ótima de 28 a 32%. Em áreas próximas aos vales destas regiões, encontram-se também os materiais inconsolidados retrabalhados das rochas intrusivas básicas, os quais apresentaram teores de areia acima de 30% e comportamento laterítico, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,6 g/cm³. Apresentaram ainda permeabilidade baixa a praticamente impermeável, umidade ótima em média 23,0 a 31,0%, CTC do solo variando de 7,3 a 44,0 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1 na maior parte dos ensaios. Área com atividades rurais quase exclusivamente de cultivo de cana-de-açúcar, esta zona é totalmente composta por área de recarga do Aquífero Serra Geral, sendo desta forma, necessário um grande cuidado quanto aos riscos de contaminação desse manancial de água subterrânea, sobretudo, em relação ao lançamento de esgoto sem tratamento em fossas negras, entre outros resíduos depositados diretamente no solo.



Figura 39: Imagem da Zona Geoambiental 10 ao fundo. Fonte : Autor 2014.

xi) **Zona Geoambiental 11:** caracteriza-se por uma área de médio potencial de escoamento (predominantemente classe 5). Possui precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano. Possui 1 de captação de água superficial. Existe 1 nascente nesta área, onde, de acordo com a legislação ambiental, deve ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. A declividade dessa área é baixa, predominantemente de 2 a 10%, com ocorrências que podem atingir 30% somente próximo ao vale a leste desta zona. Os materiais inconsolidados que compõem esta zona são predominantemente residuais das rochas intrusivas básicas, apresentando textura argilo-siltosa, comportamento laterítico (LG') nas camadas mais superiores, e não lateríticos (NG'), nas camadas mais profundas, percentagem de argila superior a 50%, silte entre 25 e 40% e umidade ótima de 28 a 32%. Em área próxima ao vale desta zona, encontram-se também os materiais inconsolidados retrabalhados das rochas intrusivas básicas, os quais apresentaram teores de areia acima de 30% e comportamento laterítico, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,6 g/cm³. Apresentaram, ainda, permeabilidade baixa a praticamente impermeável, umidade ótima em média 23,0 a 31,0%, CTC do solo variando de 7,3 a 44,0 cmH/Kg e índice de erodibilidade maior que 1 na maior parte dos ensaios. Área com atividades rurais quase exclusivamente de cultivo de cana-de-açúcar, esta zona é totalmente composta por área de recarga do Aquífero Serra Geral, sendo, desta forma, necessário um grande cuidado quanto aos riscos de contaminação desse manancial de água subterrânea, sobretudo, em relação ao lançamento de esgoto sem tratamento em fossas negras, entre outros resíduos depositados diretamente no solo.

xii) **Zona Geoambiental 12:** caracteriza-se por uma área de médio potencial de escoamento (predominantemente classe 5). Possui precipitação média anual entre 1400 e 1450 mm/ano. A declividade dessa área é alta, predominantemente de 30 a 45% ou mais, caracterizada por uma escarpa localizada próxima à cabeceira da BHRO, quase totalmente ocupada por mata nativa, fator muito importante, uma vez que esta zona é totalmente composta por área de recarga do Aquífero Serra Geral. Os materiais inconsolidados desta zona são os retrabalhados das rochas intrusivas básicas, os quais apresentaram teores de areia acima de 30% e comportamento laterítico, massa específica seca obtida com o proctor

normal em torno de $1,6 \text{ g/cm}^3$. Apresentaram ainda permeabilidade baixa a praticamente impermeável, umidade ótima em média 23,0 a 31,0%, CTC do solo variando de 7,3 a 44,0 cmol^+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1 na maior parte dos ensaios. (Figura 40)



Figura 40: Imagem das rochas intrusivas básicas presentes na Zona Geoambiental 12.
Fonte: Autor 2014.

xiii) **Zona Geoambiental 13:** caracteriza-se por uma área de médio potencial de escoamento (predominantemente classe 5). Possui precipitação média anual entre 1400 e 1450 mm/ano . Nesta área existem 2 pontos de captação de água superficial, 1 ponto de captação de água subterrânea e 1 lançamento de esgoto. Existe 1 nascente nesta área, onde, de acordo com a legislação ambiental, deve ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. A declividade dessas áreas é média a alta, predominantemente de 10 a 20%, com ocorrências que atingem mais de 30%, principalmente próximo à escarpa. Os materiais inconsolidados que compõem esta zona são predominantemente residuais das rochas intrusivas básicas, apresentando textura argilo-siltosa, comportamento laterítico (LG') nas camadas mais superiores, e não lateríticos (NG'), nas camadas mais profundas, percentagem de argila superior a 50%, silte entre 25 e 40% e umidade ótima de 28 a 32%. Em áreas próximas aos vales destas regiões, encontram-se, também, os materiais inconsolidados retrabalhados das

rochas intrusivas básicas, os quais apresentaram teores de areia acima de 30% e comportamento laterítico, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de 1,6 g/cm³. Apresentaram ainda permeabilidade baixa a praticamente impermeável, umidade ótima em média 23,0 a 31,0%, CTC do solo variando de 7,3 a 44,0 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1 na maior parte dos ensaios. Área com atividades rurais predominantemente de cultivo de cana-de-açúcar, esta zona, localizada na cabeceira da BHRO, é totalmente composta por área de recarga do Aquífero Serra Geral, sendo, desta forma, necessário um grande cuidado quanto aos riscos de contaminação desse manancial de água subterrânea, sobretudo em relação ao lançamento de esgoto sem tratamento em fossas negras, entre outros resíduos depositados diretamente no solo. (Figura 41)



Figura 41: Imagem da Zona Geoambiental 13, próxima à cabeceira da BHRO. Fonte: Autor 2014.

- xiv) **Zona Geoambiental 14:** caracteriza-se por uma área de médio potencial de escoamento (predominantemente classe 5). Possui precipitação média anual entre 1400 e 1450 mm/ano. A declividade dessa área é alta, predominantemente de 30 a 45% ou mais, caracterizada por uma escarpa localizada próxima à cabeceira da BHRO, quase totalmente ocupada por mata nativa. Em relação aos materiais inconsolidados, esta pequena porção da BHRO, apresenta-se com materiais inconsolidados retrabalhados da Formação Piramboia, a qual possui menos de 30% de

finos e comportamento laterítico, permeabilidades baixas, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de $1,85 \text{ g/cm}^3$. Apresenta ainda, umidade ótima em média 14,5%, CTC do solo igual a $5,5 \text{ cmol+}/\text{Kg}$, e índice de erodibilidade maior que 1. Embora seja de pouca representatividade na BHRO, esta zona pertence a uma das mais importantes formações geológicas que compõem o Sistema Aquífero Guarani, sendo, desta forma, necessário um grande cuidado quanto à preservação deste local.

- xv) **Zona Geoambiental 15:** caracteriza-se por uma área de médio potencial de escoamento (predominantemente classe 5). Possui precipitação média anual entre 1400 e 1450 mm/ano. Nesta zona existem 5 nascentes, locais estes que, de acordo com a legislação ambiental devem ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. A declividade dessa área é média, predominantemente de 10 a 20%, podendo ultrapassar essa inclinação próximo às áreas de escarpa.



Figura 42: Imagem da Zona Geoambiental 15. Embora seja considerado morrote, este local é popularmente conhecido como “Morro da Cantareira”. Fonte: Autor 2014.

Em relação aos materiais inconsolidados, apresenta-se com materiais inconsolidados retrabalhados da Formação Piramboia, a qual possui menos de 30% de finos e comportamento laterítico, permeabilidades baixas, massa específica seca obtida com o proctor normal em torno de $1,85$

g/cm³. Apresenta ainda, umidade ótima em média 14,5%, CTC do solo igual a 5,5 cmol+/Kg, e índice de erodibilidade maior que 1. Parte da área está coberta com mata nativa, principalmente próximo à área de escarpa, no entanto, uma grande parcela dela, principalmente a região que envolve algumas das nascentes, é atualmente objeto de atividades rurais quase exclusivamente de cultivo de cana-de-açúcar, fato este que deve observado quanto ao cumprimento das exigências ambientais. É importante salientar, ainda, que esta zona pertence a uma das mais importantes formações geológicas que compõem o sistema Aquífero Guarani, sendo, desta forma, necessário um grande cuidado quanto à preservação deste local. (Figura 42)

xvi) **Zona Geoambiental 16:** caracteriza-se por uma área de médio potencial de escoamento (predominantemente classe 5). Possui precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano. Nesta zona existem 2 nascentes, locais estes, que, de acordo com a legislação ambiental devem ter a ocupação restrita em um raio de 50 metros. Nesta área existem 2 pontos de captação de água superficial, 2 pontos de captação de água subterrânea, 1 ponto de contaminação representado por posto de combustível e 1 lançamento de esgoto. A declividade dessa área é baixa, predominantemente de 0 a 10%. Os materiais inconsolidados são residuais da Formação Corumbataí, os quais apresentaram menos de 15% de areia em alguns pontos de coleta. Na maior parte dos ensaios, os materiais inconsolidados apresentaram comportamento não laterítico e permeabilidades baixas. Apresentaram permeabilidade baixa a quase impermeável, massa específica seca obtida com o proctor normal variando de 1,28 a 1,90 g/cm³, com umidade ótima em média variando de 10,0 a 31,0%, CTC do solo com resultados de 16,5 a 64,2 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1, nas camadas superiores, e menor que 0,60 nas camadas inferiores. Uma grande parcela desta zona está ocupada por atividade agrícola de cultivo de laranja, cana e pastagem, possuindo, também, algum remanescente de mata nativa. Outra porção desta área tem o seu uso consolidado por atividades urbanas do município de Pirassununga. (Figura 43)



Figura 43: Imagem da Zona Geoambiental 16 no acesso ao Clube Anhanguera, próximo à passagem do Ribeirão do Ouro, sob a Rodovia Anhanguera. Fonte: Autor 2014.

xvii) **Zona Geoambiental 17:** caracteriza-se por uma área de médio potencial de escoamento (predominantemente classe 5). Possui precipitação média anual entre 1450 e 1500 mm/ano. Não existem nascentes nesta zona. A declividade dessa área é média, predominantemente de 10 a 20%. Os materiais inconsolidados são residuais da Formação Corumbataí, os quais apresentaram menos de 15% de areia em alguns pontos de coleta. Na maior parte dos ensaios, os materiais inconsolidados apresentaram comportamento não laterítico e permeabilidades baixas. Apresentaram permeabilidade baixa a quase impermeável, massa específica seca obtida com o proctor normal, variando de 1,28 a 1,90 g/cm³, com umidade ótima em média variando de 10,0 a 31,0%, CTC do solo com resultados de 16,5 a 64,2 cmol+/Kg e índice de erodibilidade maior que 1, nas camadas superiores, e menor que 0,60 nas camadas inferiores. Uma grande parcela desta zona está ocupada por atividade agrícola de cultivo de laranja, cana e pastagem, possuindo também, algum remanescente de mata nativa. Outra porção desta área tem o seu uso consolidado por atividades urbanas do município de Pirassununga.

Tabela 5: Quantificação das Zonas Geoambientais na BHRO. Fonte: Autor 2014

Unidade	Area (Hectare)	Area (% do total)
Zona Geoambiental 01	148,50	1,17
Zona Geoambiental 02	528,44	4,19
Zona Geoambiental 03	108,72	0,85
Zona Geoambiental 04	1.994,48	15,83
Zona Geoambiental 05	1.142,59	9,07
Zona Geoambiental 06	3.994,11	31,9
Zona Geoambiental 07	452,80	3,6
Zona Geoambiental 08	935,71	7,5
Zona Geoambiental 09	1.859,86	14,9
Zona Geoambiental 10	273,58	2,2
Zona Geoambiental 11	362,40	2,8
Zona Geoambiental 12	59,143	0,4
Zona Geoambiental 13	25,6293	0,14
Zona Geoambiental 14	19,5199	0,11
Zona Geoambiental 15	240,6332	1,91
Zona Geoambiental 16	250,0466	1,93
Zona Geoambiental 17	198,608	1,5

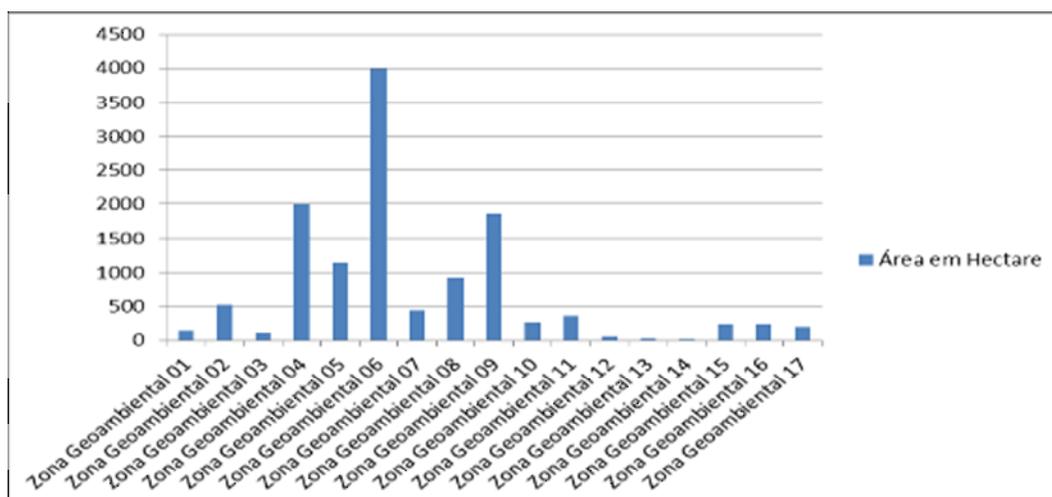


Figura 44: Quantificação das áreas das Zonas Geoambientais na BHRO. Fonte: Autor 2014

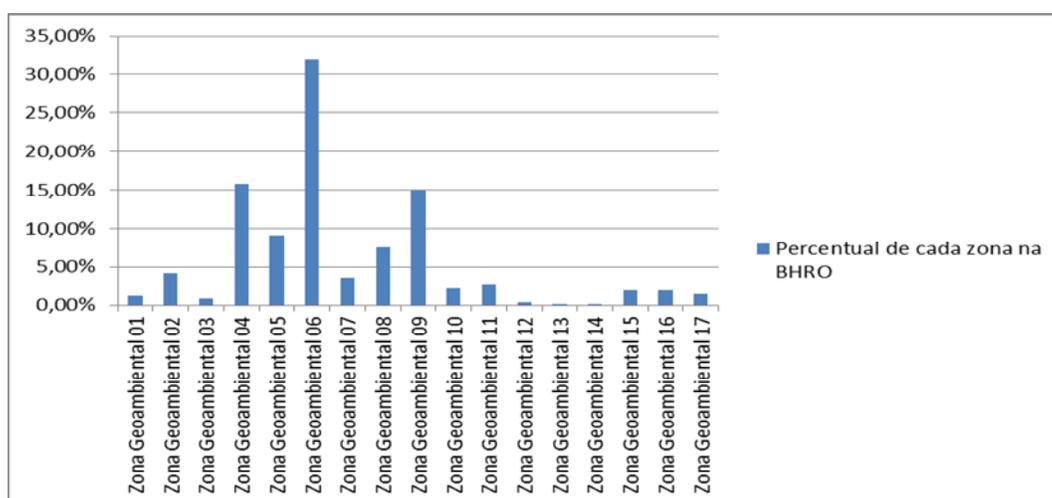


Figura 45: Percentual das Zonas Geoambientais na BHRO. Fonte: Autor 2014

7.2. Tendências da ocupação urbana da BHRO e recomendações para o ordenamento territorial.

Por se tratar de uma cidade pequena, com bastante área disponível para expansão, é possível pensar em um crescimento planejado de acordo com as características geoambientais locais, para que, no futuro, esta cidade não sofra com problemas ambientais como erosões, alagamentos, contaminações das águas, solos, etc. De acordo com uma análise da Carta de Zoneamento Geoambiental produzida neste trabalho com as informações contidas no Mapa de Evolução Urbana de Pirassununga (Figura 46), elaborado como suporte ao Plano Diretor de Pirassununga (Pirassununga, 2007), verifica-se que, desde a fundação da cidade até meados de 1980, a malha urbana da cidade continha-se exclusivamente na Zona Geoambiental 06, sendo que a partir de 1990 até 2010, a urbanização estendeu-se principalmente no sentido norte-sul, atingindo as zonas geoambientais 16, 5 e 9, além da zona geoambiental 01, que é considerada totalmente imprópria à ocupação urbana.

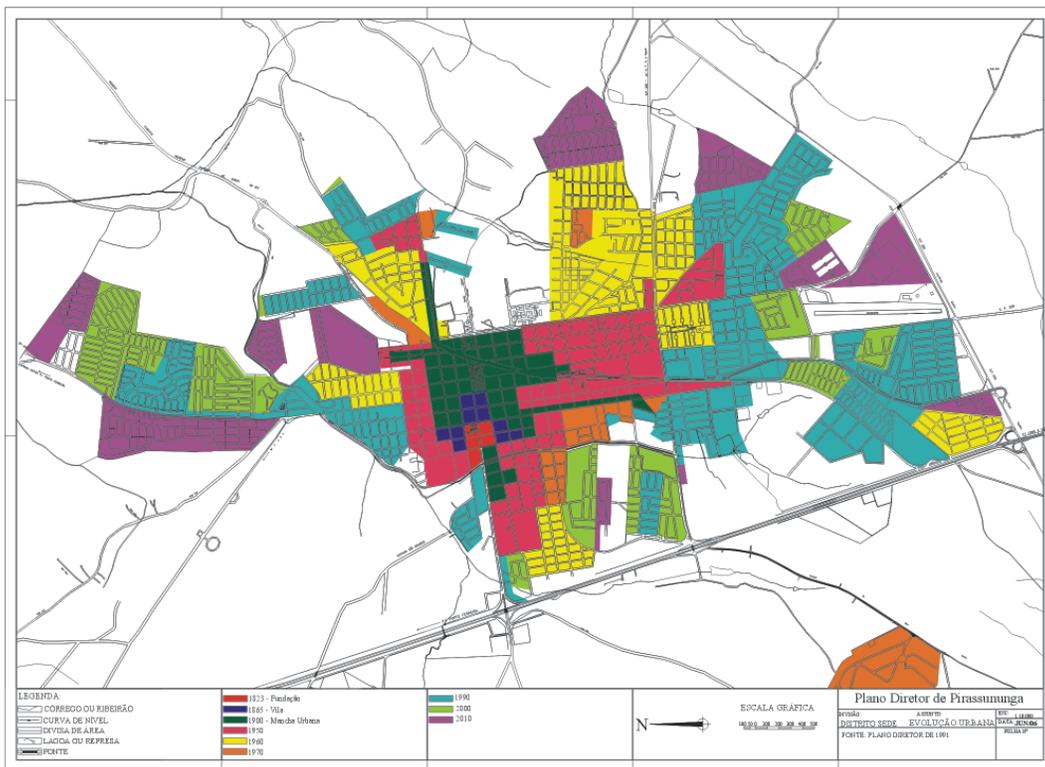


Figura 46: Mapa de Evolução Urbana de Pirassununga. Fonte: Pirassununga (2007).

O tipo de crescimento “espalhado” dessa malha urbana indica que o ordenamento territorial urbano de Pirassununga, não ocorreu de forma eficiente, principalmente nos últimos anos; problema pelo qual, o município tem tentado sanar

através das diretrizes do atual Plano Diretor. O novo perímetro urbano proposto pelo Plano Diretor, que deve controlar o crescimento da cidade nos próximos anos, indica que a malha urbana tende a se expandir predominantemente na direção nordeste, desenvolvendo-se principalmente sobre a Zona Geoambiental 09, a qual não apresenta restrições ao adensamento e expansão urbana. Outras zonas que estão contidas na proposta de expansão da malha urbana pelo Plano Diretor são as zonas geoambientais 1 e 2, as quais são totalmente inadequadas à ocupação urbana por se tratarem quase totalmente de locais propícios a alagamentos.

De acordo com o Mapa de Zoneamento Urbano (Figura 47), previsto pelo Plano Diretor Municipal (Pirassununga, 2007), observa-se que as ZVU's – Zonas de Vazio Urbano, destinadas às ocupações futuras dentro do perímetro urbano, não apresentam quaisquer diretrizes de uso ou de ocupação desses vazios e nem tampouco, mencionam suas possíveis potencialidades e/ou fragilidades ambientais, sejam quanto às declividades favoráveis/desfavoráveis, riscos de alagamentos, erosões, etc., ficando a destinação do uso dessas áreas a livre critério do Executivo Municipal.

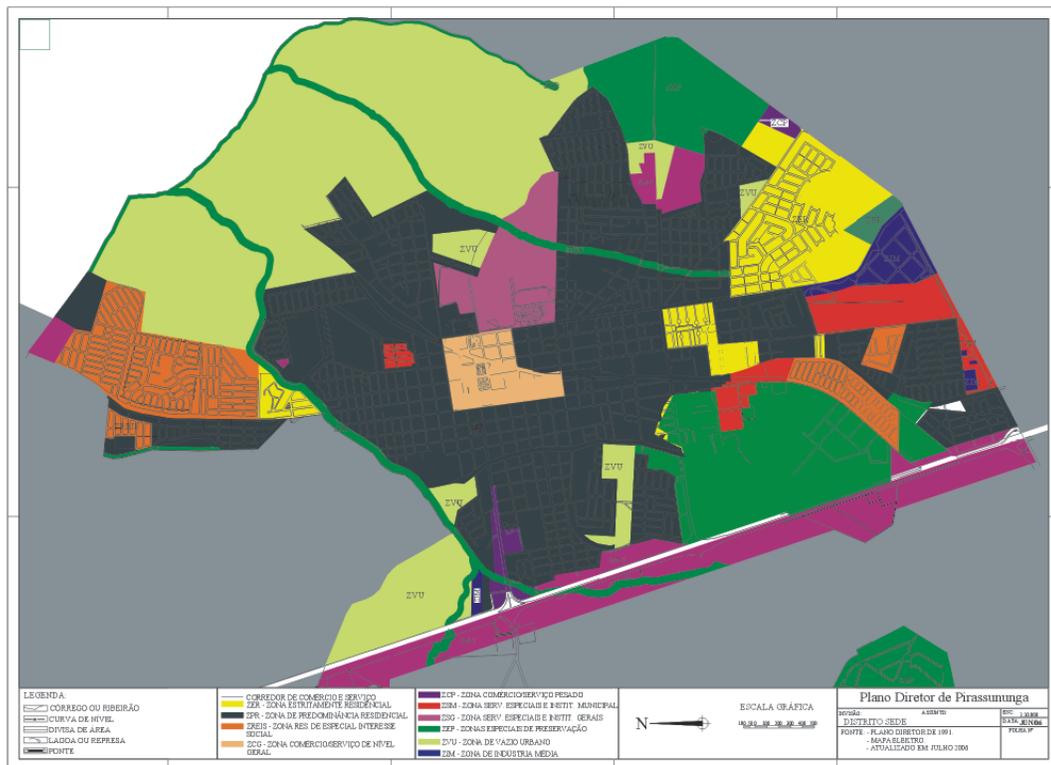


Figura 47: Mapa de Zoneamento Urbano de Pirassununga. Fonte: Pirassununga (2007).

Embora a expansão urbana esteja sendo induzida a se desenvolver na região nordeste da cidade, predominantemente sobre a Zona Geoambiental 09, é importante salientar que esta zona apresenta um melhor aproveitamento desenvolvendo atividades agrícolas, principalmente por possuírem materiais inconsolidados e declividades mais propícias para esse uso. Neste sentido, a recomendação para a expansão urbana de Pirassununga é na direção oeste, principalmente sobre as zonas Geoambientais 05 e 06, as quais mostram-se mais favoráveis ao adensamento e expansão urbana, principalmente por apresentarem solos de baixa fertilidade natural, possuírem boa capacidade de suporte e baixas declividades na maioria dos casos.

Por outro lado, é importante salientar que as zonas geoambientais 05 e 06, por se tratarem de locais bastante arenosos, de alta permeabilidade, baixa capacidade de depurar poluentes e naturalmente erosivos, deve-se ter o cuidado com a ocupação em eventuais áreas que apresentem maiores declividades e estarem sujeitas a erosões; com as escavações e exposições em taludes e cortes que podem se apresentar instáveis; com certas atividades que possam contaminar as águas subterrâneas; e a preservação da vegetação ao longo dos cursos d'água e entorno das nascentes.

Quanto à localização de fontes poluidoras, preliminarmente, aponta-se que há um aterro localizado de forma preocupante na Zona Geoambiental 05, uma vez que, pelas suas características, localiza-se sobre um solo muito arenoso e muito próximo a um corpo d'água (menos de 400m). Para a implantação de aterro sanitário ou cemitério, pelas características de solo argilo-siltoso, litologia adequada, baixa declividade, baixa permeabilidade, sem proximidade com corpos d'água e facilidade de acesso, recomenda-se a implantação nas zonas geoambientais 08 e 16 (nas porções norte da BHRO próximas à divisa com o município de Porto Ferreira) e na Zona Geoambiental 10.

Embora as características das zonas geoambientais 8 e 10 sejam favoráveis à implantação de aterros sanitários e cemitérios, é importante lembrar que estas áreas constituem importantes áreas de recarga direta do aquífero Serra Geral e por isso não descartam a elaboração de estudos mais detalhados e cuidados especiais quanto aos processos de urbanização dessas áreas, principalmente no planejamento das áreas para a deposição de resíduos sólidos, a implantação de cemitérios, bem como as atividades industriais e comerciais que envolvem produtos químicos e/ou combustíveis.

7.3. Tendências da ocupação rural da BHRO e recomendações para o ordenamento territorial.

De acordo com os resultados obtidos através da leitura do Mapa de Uso e Cobertura do Solo produzido neste trabalho, pode-se classificar a BHRO como uma região com predomínio de atividades rurais, uma vez que, de forma geral, estas atividades totalizam 73,58% da área total da bacia, destacando-se, entre elas, as atividades de cultivo de cana-de-açúcar, que representam cerca de 75% de todas as atividades rurais da BHRO.

Embora as zonas geoambientais 03, 04, 05, 06, 07 e 15 apresentem limitações em relação à baixa fertilidade natural e à baixa capacidade de retenção de água, grande parte das atividades agrícolas da BHRO (cerca de 63%) ocorre nestas regiões, sobretudo a de cultivo de cana-de-açúcar, o que pode indicar que, mesmo sendo necessários significativos investimentos com as frequentes aplicações de adubos e frequente irrigação, estas áreas certamente estão apresentando algum interesse para estas atividades.

Partindo, porém, do ponto de vista que a terra deve ser usada com racionalidade, vale a pena ressaltar que as zonas geoambientais 03, 04, 05, 06, 07 e 15 são sustentadas por material predominantemente arenoso, altamente permeável e portanto, muito importantes para recarregarem os aquíferos subterrâneos Pirassununga e Guarani. Neste sentido, entende-se que a cultura de cana-de-açúcar não é aconselhável nestas áreas, principalmente por apresentarem alto potencial de contaminação de aquíferos, pela utilização da vinhaça aplicada diretamente no solo através da técnica de fertirrigação.

Para um melhor aproveitamento dessas áreas, principalmente das que estão localizadas nos arredores do perímetro urbano, o ideal seria que fossem priorizadas as atividades de produção de alimentos para o consumo local, principalmente culturas de ciclos permanentes que não necessitam de solos muito férteis e/ou que demandem pouco investimento com correções de solo.

Nos casos específicos das Zonas Geoambientais 14 e 15, nota-se que, além de serem terrenos arenosos e não adequados às formas de uso que possam desencadear processos erosivos, são também, áreas de recarga direta do Aquífero Guarani, fato este que implica na necessidade de uma preocupação especial para

preservar o pouco que resta das matas ciliares, promover a revegetação da área com espécies naturais da região, ou então, dar preferência à agricultura que não represente riscos de contaminação.

De forma bem diferente, as zonas geoambientais 08, 09, 10, 11 e 13, que representam cerca de 27% da bacia, apresentam excelentes características físicas e texturais para o desenvolvimento de quase todos os tipos de plantas. Os solos associados a esses terrenos, por serem argilosos, apresentam textura porosa e favorável para reter elementos, conseqüentemente respondem bem à adubação e durante os períodos secos mantêm boa disponibilidade hídrica por bom tempo, além de apresentarem, em geral, boa fertilidade natural. É importante destacar que, por apresentarem características favoráveis à agricultura, essas áreas também estão intensamente ocupadas pela monocultura de cana-de-açúcar e que, em razão disso, devem receber um cuidado especial, sobretudo em relação ao uso de equipamentos agrícolas pesados, que causam compactação e impermeabilização dos solos, e à ocupação com agricultura de ciclo curto junto às vertentes mais inclinadas das zonas geoambientais 11 e 13.

Outro aspecto importante das zonas geoambientais 08, 09, 10, 11 e 13 está relacionado à espessa cobertura de solos que apresentam textura e espessura favoráveis para reter e eliminar poluentes, constituindo-se num importantíssimo manto protetor direto do Aquífero Serra Geral. Neste sentido, mesmo esperando-se que pelo longo tempo de contato com as rochas possa aumentar a mineralização das águas, a hipótese bem provável de haver significativas fendas nas rochas da Formação Serra Geral nesta região, exige a elaboração de mais estudos técnicos sobre essas áreas, mantendo-se os devidos cuidados quanto aos processos de ocupação dessas áreas, principalmente no que diz respeito ao controle de produtos agroquímicos nas áreas rurais.

Em relação às áreas verdes existentes na zona rural, além de alguns remanescentes de mata nativa isolados pela bacia, podem-se destacar também as APP's – Áreas de Preservação Permanente, as quais pode-se notar que grande parte destas encontra-se com pequenos resquícios de devastação. Esta tendência deve ser mantida, pois devido a grande quantidade de solos arenosos e a intensa ocupação pela cultura de cana-de-açúcar na região, a formação de processos erosivos torna-se evidente.

7.4. Carta Síntese de Diretrizes para o Ordenamento Territorial

Para se ter uma visão geral das principais características importantes de serem consideradas para o ordenamento territorial de uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro, neste capítulo é apresentada a Carta Síntese de Diretrizes para o Ordenamento Territorial (APÊNDICE 12), a qual foi produzida com o objetivo de representar, de forma prática, o efetivo zoneamento da bacia, identificando as principais diretrizes para o ordenamento e gestão territorial desta área.

Assim, analisando de forma integrada a Carta de Zoneamento Geoambiental, juntamente com as diversas tendências da ocupação urbana e rural da bacia, este material cartográfico oferece condições que podem subsidiar discussões a cerca de uma gestão urbano-ambiental mais sustentável, cabendo ressaltar, é claro, que este estudo direciona e auxilia nas tomadas de decisão, sendo necessária quando se tratarem de assuntos mais específicos, a realização de novas análises.

Neste sentido, as classes de ordenamento territoriais foram subdivididas em cinco novas zonas de ocupação, as quais seguem descritas a seguir, juntamente com os seus percentuais em relação ao total representados na Tabela 6 e Figura 48.

- **ZORI - Zona de Ocupação Rural Induzida:** caracteriza-se pelo alto potencial de expansão agrícola sem maiores restrições. Representada na carta pela cor verde escuro, esses polígonos correspondem às áreas onde o risco de contaminação dos aquíferos é baixo e as características dos materiais inconsolidados e topográficas são bastante adequadas para o plantio de qualquer tipo de espécie. Encaixam-se nessa classificação as zonas geoambientais 08, 09, 10, 11 e 13, pelo fato de serem terrenos de relevo predominantemente suavizado e sustentados por solos argilosos derivados das rochas intrusivas básicas.
- **ZOUI - Zona de Ocupação Urbana Induzida:** caracteriza-se pelo alto potencial de expansão urbana, tendo, no entanto, que ter certos cuidados com locais que apresentem maiores declividades, assim como com as escavações e exposições de taludes e cortes que podem se apresentar instáveis. Distinguidas na carta pela cor verde claro, encaixam-se nessa classificação as zonas geoambientais 05 e 06;

- **ZORC - Zona de Ocupação Rural Condicionada:** apresenta médio potencial de expansão agrícola. Destacadas na carta pela cor amarela, encaixam-se nessa classe as zonas geoambientais 03, 04 e 07 as quais se forem adotadas práticas conservacionistas para melhorar as suas qualidades, podem ser aproveitadas sem maiores problemas, principalmente para o plantio de espécies de ciclo longo. Nessas áreas deve-se ter cuidado com as áreas que apresentam maiores declividades e estariam sujeitas a erosões, assim como com certas atividades que possam contaminar as águas subterrâneas e com a preservação da vegetação ao longo dos cursos d'água e entorno das nascentes.
- **ZOURC - Zona de Ocupação Urbana e Rural Condicionada:** possui médio potencial para expansão urbana e rural. Porções distinguidas pela cor laranja, esses polígonos correspondem às áreas que apresentam características desfavoráveis para a ocupação, porém são pouco restritivas, portanto, desde que tomados os devidos cuidados podem ser ocupadas sem maiores problemas. Nas regiões próximas às vertentes o solos podem compactar-se, impermeabilizar-se e sofrerem alta erosão hídrica se forem continuamente mecanizadas com equipamentos pesados. Encaixam-se nesta classe as zonas geoambientais 16 e 17;
- **ZPOR - Zona de Proteção e Ocupação Restrita:** constituídas de regiões com altas declividades, associadas a solos arenosos e com grande quantidade de nascentes, são áreas com grande potencial para preservação ambiental e que, se forem desmatadas, são áreas propícias à ocorrência de processos erosivos na área de recarga do Aquífero Guaraní, bem como as áreas de várzeas propícias a alagamentos e áreas de preservação permanente. Destacadas na carta pela cor vermelha, encaixam-se nessa classe as zonas geoambientais 01, 02, 12, 14 e 15.

Tabela 6: Quantificação das classes de ordenamento territorial da BHRO. Fonte: Autor 2014

Classes de ordenamento territorial	Área (% do total)
ZORI - Zona de Ocupação Rural Induzida	27,54
ZOUI - Zona de Ocupação Urbana Induzida	40,97
ZOURC - Zona de Ocupação Urbana e Rural Condicionada	3,43
ZORC - Zona de Ocupação Rural Condicionada	20,28
ZPOR - Zona de Proteção e Ocupação Restrita	7,78

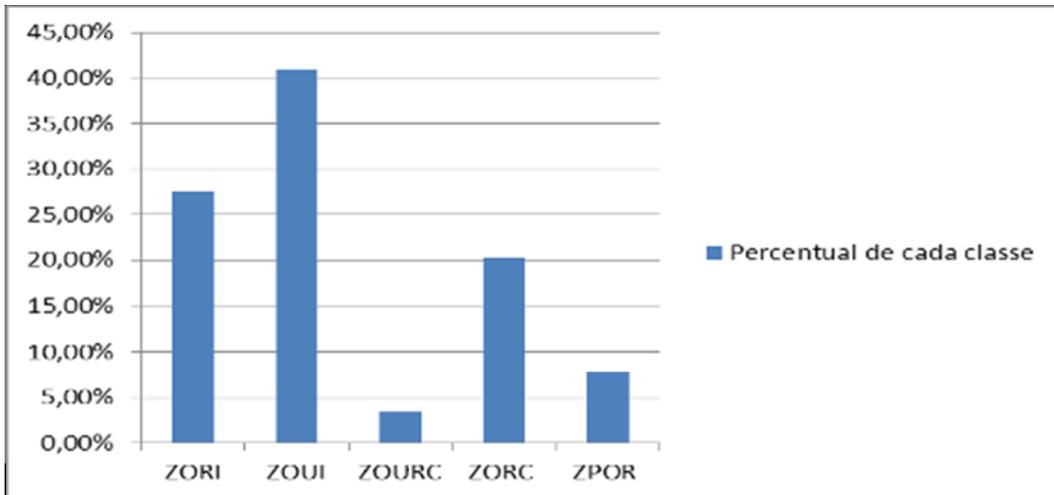


Figura 48: Quantificação das classes de ordenamento territorial na BHRO. Fonte: Autor 2014

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que aproximadamente 68,4% da área estudada possuem ocupação induzida sem maiores restrições, 23,7% possuem áreas que propiciam a ocupação mediante alguma condição específica e 7,8% composta por áreas de proteção e ocupação restrita.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste trabalho teve por objetivo principal a elaboração da Carta de Zoneamento Geoambiental, afim de fornecê-la e disponibilizá-la como instrumento de auxílio na avaliação geoambiental, permitindo analisar a viabilidade de ocupação e, conseqüentemente, a priorização e hierarquização das unidades geoambientais segundo a sua adequabilidade ao uso e ocupação.

Partindo destes princípios, o Zoneamento Geoambiental da bacia foi elaborado a partir da análise do meio físico e suas relações com o meio antrópico, onde, inicialmente através de levantamentos e da compartimentação do terreno em UBC's - Unidades Básicas de Compartimentação, seguiu-se da análise conjunta dos resultados produzidos. O processo resultou em uma base que informa sobre a capacidade de suporte da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro, condicionantes para o uso e ocupação, restrições ambientais, entre outras características representadas por diferentes Zonas Geoambientais e as classes de ordenamento territoriais simuladas a partir da leitura das tendências de ocupação urbana e rural da área estudada.

Nesse sentido, conclui-se que a elaboração dos documentos produzidos neste trabalho, bem como os procedimentos metodológicos e os embasamentos conceituais adotados, mostraram-se bastante eficientes, visto que possibilitaram o estudo e a discussão de um conjunto de informações e diretrizes práticas para o ordenamento e gestão territorial, ficando comprovada a hipótese da eficácia dessa poderosa ferramenta para o planejamento urbano-ambiental da Bacia do Ribeirão do Ouro, no município de Pirassununga – SP.

Pode-se concluir, ainda, que, embora os resultados deste trabalho indiquem que a metodologia pode ser reaplicada em outras regiões, é importante ressaltar a necessidade da verificação dos atributos mais importantes para cada caso, buscando, assim, resultados particularmente mais efetivos.

Por fim, tendo em vista que a Constituição Brasileira de 1998 em seu Artigo nº 225, assegura que "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações", este trabalho mostrou como as novas técnicas de planejamento

podem considerar mais profundamente os critérios e atributos do meio físico do território, utilizando o zoneamento geoambiental como um instrumento capaz de auxiliar na tomada de decisão e direcionar as propostas de manejo e educação ambiental, garantindo dessa maneira uma melhor sustentabilidade dos ecossistemas das cidades brasileiras.

9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. DE, HASUI, Y., NEVES, B.B.B. & FUCK, R.A. Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio Geologia do Nordeste 8, Campina Grande, 1977. Anais do... Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1977, p. 363-391.

ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Y., BRITO NEVES, B.B., FUCK, R.A. Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth Science Review*, 1981, 17:1-19.

AMORIM, H. R. (2003) – Estudo dos Atributos do Meio Físico como Base para o Zoneamento Geoambiental da Região de Influência do Reservatório da Usina Hidroelétrica de Caconde (SP). Dissertação de Mestrado: EESC/USP, São Carlos, SP,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (1989) – Norma: degradação do solo. Terminologia (NC 10.703).

BARROW, C.J. 1998. River Basin Development Planning and Management: A Critical Review. *World Development*, 26: 171-186.

BIELLENK JUNIOR, Claudio. Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas / Claudio Bielenk Junior, Ademir Paceli Barbassa. São Carlos: EdUFSCar, 2012. 257p.

BITAR, O.Y. coord. (1995). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo. IBGE/IPT Divisão de Geologia (*Série Meio Ambiente*). 247p.

BRASIL. Casa Civil. Lei 4771/65 de 15 de setembro de 1965. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de setembro de 1965.

BRASIL. Casa Civil. Lei 6803/80 de 02 de julho de 1980. Diário Oficial da União, Brasília, 03 de julho de 1980.

BRASIL. Casa Civil. Lei 7803/89 de 18 de julho de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, 20 de julho 1989.

BRASIL. Ministério das Cidades. Lei10257 de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Brasília 10 de julho de 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2002. Resolução 303. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acessado em: 05 set 2012.

BRASIL-IBGE. 1971a. *Descalvado*. Carta do Brasil – Escala 1:50000. Folha SF-23-V-C-IV-4. 1ª edição. Fundação IBGE. Departamento de Cartografia.

BRASIL-IBGE. 1971b. *Corumbataí*. Carta do Brasil – Escala 1:50000. Folha SF-23-Y-A-I-2. 1ª edição. Fundação IBGE. Departamento de Cartografia.

BRASIL-IBGE. 1971c. *Leme*. Carta do Brasil – Escala 1:50000. Folha SF-23-Y-A-II-1. 1ª edição. Fundação IBGE. Departamento de Cartografia.

BRASIL-IBGE. 1971d. *Pirassununga*. Carta do Brasil – Escala 1:50000. Folha SF-23-V-C-V-3. 1ª edição. Fundação IBGE. Departamento de Cartografia.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Proposta Metodológica para Estudos Integrados do Potencial Geoambiental em Escalas de Semidetalhe. s.l., (Projeto Radambrasil –Grupo de Estudos Integrados, coordenado por Teresa Cardoso da Silva), 16 p., 1984.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 5).

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cadastro de cidades e vilas do Brasil em 1999. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> Acesso em: 10 junho 2006b.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resultados do universo do censo 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> Acesso em: 08 junho 2006.

BRASIL - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem TM/LANDSAT bandas 3, 4 e 5. São José dos Campos, 2002. 1 CD.

BRASIL - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem TM/LANDSAT bandas 3, 4 e 5. São José dos Campos, 2006. 1 CD.

BRASIL. Lei 7804 de 18.07.1989. Altera a Lei 6938 de 31.08.1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei 7735 de 22.02.1989, a Lei 6803 de 02.07.1980, a Lei 6902 de 21.04.1981. In: Legislação brasileira de resíduos sólidos e ambiental correlata, ed. B. Cabral (1999), pp. 347-352. Brasília: Senado Federal.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 2º da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8001 de 13 de março de 1990, que modifica a Lei 7990 de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/lrh2000/indice_lf.htm Acesso em: 30 setembro 2005.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. . Geoprocessamento em projetos ambientais. 2a. ed. São José dos Campos: INPE, 1998. v. único. 195p.

CAMPANELLI, L.C. Zoneamento (Geo) Ambiental Analítico da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho-São Carlos (SP), São Carlos, 2012. 136p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

CASTRO, D. Estudo do potencial à erosão acelerada das áreas urbana e de expansão do município de Descalvado (SP), escala 1:10.000. São Carlos, 1998. 150p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

CAUBET, C.G.; FRANK, B. Manejo ambiental em bacias hidrográficas: o caso do rio Benedito (Projeto Itajaí I): das reflexões teóricas às necessidades concretas. Florianópolis: Fundação Água Viva, 1993.

CENDRERO, A. (1975) - Environment Geology of the Santander by Area. Northern Spain. Environmental Geology, Springer Verlag, New York, Vol.1, pp. 97-114.

CENDRERO, A. (1983) – Técnicas Y Instrumentos de Análise para la Evaluación, Planificación y Gestión de Medio Ambiente. Fascículos sobre Medio Ambiente. Series Opiniones, N.6, CIFCA. Madrid. 67p.

CENDRERO, A. Mapping and evaluation of coastal areas for planning. Ocean & Shoreline Management, v. 12, p. 427-462. 1989.

CENDRERO, A. (1990) - Desarrollo y Tendencias de la Geología Ambiental en Europa, AGID Report no 3.

CETESB (São Paulo) - Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2007 / CETESB. - São Paulo : CETESB, 2008.537 p. : il. ; 29,7 x 21 cm. - - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103)

CETESB (São Paulo) - Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012 [recurso eletrônico] / CETESB. - - São Paulo : CETESB, 2013. 1 arquivo de texto (434 p.) : il. color., PDF ; 40 MB. - - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103)

COLLARES, E.G.; RODRIGUES, J.E. Geoprocessamento aplicado à caracterização das atividades modificadoras do meio físico na bacia hidrográfica do rio Capivari – SP. Geociências, v. 19, n. 1, p. 133-144, 2001.

CBH-MOGI - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU. Relatório de Situação – UGRHI-09. São Paulo: CBH-MOGI, 2008. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Atlas Geoambiental das Bacias dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, SP :subsídios para o planejamento territorial e gestão ambiental. / CPRM – Serviço Geológico do Brasil ; Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Coordenação técnica [de] Antonio Theodorovicz, Angela Maria de Godoy Theodorovicz, Sonia da Cruz Cantarino. -- São Paulo :CPRM- Serviço Geológico do Brasil; Coordenadoria de PlanejamentoAmbiental, 2002. 77p.

DALE,P,F, & MCLAUGHLIN,J,D, Land information management, an introduction with special reference to cadastral problems in third world countries , Oxford, Oxford University Press, 1990, 259p

FEITOSA, F.A.C. et al. 2008. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 3ª ed. rev. e ampl. - Rio de Janeiro: CPRM: LABHID,2008. 812p.

FERES, R. Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento: Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP). 2002. 142p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

FERREIRA, S. R.; CAETANO-CHANG, M. R.. Datação das formações Rio Claro e Piraçununga por Termoluminescência. REM. Revista Escola de Minas (Impresso) v. 61, p. 129-134, 2008.

FERREIRA, S.R. Análise pedoestratigráfica das formações Rio Claro e Piraçununga no centro-leste do Estado de São Paulo. Rio Claro, 2005. 117 p.:il. + 3 Anexos. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2005.

FONTES, S. B. (2004) – Estudo geoambiental da Bacia do Rio Pardo, a partir da compartimentação em Ottobacias – escala 1:100.000. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

FORNASARI FILHO, N. & BITAR, O.Y. (1995) – O meio físico em estudos de impacto ambiental – EIA. In: BITAR, O.Y. coord. (1995) - *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo. IBGE/IPT. P. 151-162

GALIANO, V. A. Mapeamento geotécnico da Quadrícula de Pirassununga (SP) na escala 1:50.000, como subsídio ao planejamento do meio físico/Valdir Aparecido Galiano. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. UFSCar. São Carlos. SP. 2v. 140 p. + Anexos.

GISLER, C. V. T. Estrutura e função de matas ciliares remanescentes e implantadas em Santa Cruz das Palmeiras - SP. Rio Claro: UNESP, 2000. 167p. Tese (Doutorado).

GRECCHI, R. C. Zoneamento Geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento. São Carlos:USP. 132p. 1998. Dissertação (Mestrado).

GRIFFITH, J.J. Roteiro Metodológico para Zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/IBAMA/Programa Nacional de Meio Ambiente, 1995.

HASUI, Y. Compartimentação Geológica do Brasil. In: Hasui et al. (editores e organizadores), *Geologia do Brasil*. São Paulo, Beca, p. 112-122 - 2012

INTERA TYDAC, Introduction to data structures using Spans OS/2 Spans Version 5, Ottawa, Intera Tydac 1992, 140 p

IRITANI, M A; EZAKI, S. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo/Mara Akie Iritani, Sibebe Ezaki. – São Paulo : Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2008. 104p.

JIMÉNEZ- RUEDA, J.R.; LANDIM, P.M.B.; MATTOS, J.T. Gerenciamento Geoambiental. In: Tuk-Tornisielo, S.M.; Gobbi, N.; Foresti, C.; Lima, S.T. (orgs.) *Análise Ambiental: estratégias e ações*. São Paulo: T.A. Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf; Rio Claro, SP: Centro de Estudos Ambientais – UNESP, 1995. p. 327-329.

JUNQUEIRA, C. de Á. R. Zoneamento Geoambiental na Bacia do Rio Fartura abrangendo os municípios de São José do Rio Pardo, São Sebastião da Gramma e Águas da Prata (SP). São Carlos: UFSCAR, 2012. 194 p. Tese (Doutorado).

LANNA, A.E. Gerenciamento de bacias hidrográficas: conceitos, princípios e aplicações no Brasil. Brasília: IBAMA, 1993.

LOLLO, J. A. de. Mapeamento geotécnico da folha de Leme – SP. EESC/USP. São Carlos – SP. 1991. 86p. Dissertação (Mestrado)

LOLLO, J.A. de. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. Tese de Doutorado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, EESC/USP, São Carlos, 2V 1996.

LOPES, M.F.C. Água subterrânea no Estado de São Paulo: síntese das condições de ocorrência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., 1984, Fortaleza. Anais. São Paulo: ABAS, 1984. v.1, p. 305-317.

LOPES, J. C.; THOMAZ, L. D.; AREAS, H.A.; SILVA, D.M. Levantamento florístico e fitossociológico dos remanescente de Mata Atlântica no Parque Nacional do Caparaó – Ibitirama – ES. In: Congresso e Exposição Internacional Sobre Florestas, 6., 2000, Porto Seguro. Resumos Técnicos. Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p.325-326.

MASSOLI, M. Geologia do município de Santa Rita do Passa Quatro. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 2(2):79-89, jun-dez. 1981.

MASSOLI, M. Geologia da Folha de Pirassununga. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 4(1/2):24-51, jan-dez. 1983.

MELO, M. S. *A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenozóica na Depressão Periférica Paulista*. São Paulo. USP - Instituto de Geociências. 144p. + 4 mapas. 1995. Tese (Doutorado).

MENDONÇA, F; OLIVEIRA, I M D. CLIMATOLOGIA: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo. Oficina de textos, 2007.

MENEZES, D.B. Avaliação de aspectos metodológicos e aproveitamento de informações do meio físico em estudos geoambientais de bacias hidrográficas: aplicação na bacia do rio Pardo. Rio Claro, 2001. 235p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

MONTAÑO, J.; ROSA Fº, E.F.; HINDI, E.C.; CICALESE,; MONTAÑO, M.; URTASUN, S.G. 2002 Importância de las estructuras geológicas em el modelo conceptual del Sistema Acuífero Guarani –Área Uruguaya. Revista Águas Subterráneas. 16:111-119.

MORAES, M.E.B. Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na bacia do Rio Bonito (SP). São Carlos, 2003. 130p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

MORAES, M.E.B. Zoneamento (Geo) ambiental sintético da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pântano (Descalvado, Analândia e São Carlos – SP). Relatório (Pós Doutorado) Departamento de Engenharia Civil 200p. 2008.

OLIVA, A. 2002. Estudo hidrogeológico da Formação Rio Claro no município de Rio Claro – SP. 71 p. (Dissertação de Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Unesp, Campus de Rio Claro, 2002.

PEJON, O. J. Mapeamento geotécnico da Folha de Piracicaba-SP (Escala 1:100.000): estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos. São Carlos, USP-São Carlos, 2v. , 224p, 1992. Tese (Doutorado).

PEREIRA, S.A. Zoneamento Geo-Ambiental da Sub-bacia do Córrego São Francisco: área urbana e periurbana de Passos-MG. Dissertação (Mestrado), PPG – Engenharia Urbana / UFSCar. 140p. 2009.

PERROTTA, M. M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L. Z.. PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. 2005. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1.750.000. Programa Geologia Brasil – PGB, CPRM, São Paulo.

PIRASSUNUNGA. Câmara Municipal. Lei Complementar 76 de 15 de fevereiro de 2007. Dispõe sobre o zoneamento urbano e rural do município de Pirassununga/SP. Pirassununga, 15 de fevereiro de 2007.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. Bacias Hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. Ciência Hoje, v. 19, n. 110, p. 40-45. 1995.

PROCHNOW, M. C. R. Análise ambiental da sub-bacia do rio Piracicaba: subsídios ao seu planejamento e manejo. 1990. 330 f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1990.

QUEIROZ NETO, J. P. de - EROSIÃO DOS SOLOS TROPICAIS E SEU CONTROLE: O EXEMPLO DO ESTADO DE SÃO PAULO. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Anais em multimídia. Goiânia (GO), 2001.

RAMPAZZO, S.E.; PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. HENKE-OLIVEIRA, Zoneamento ambiental conceitual para o município de Erechim, RS. In: SANTOS, J.E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES J.S.; OLIVEIRA, C.H.; PIRES, A.M.Z.. Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção. São Carlos: Ed. Rima, 2004.

ROCHA, O. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: Espíndola, E. L. G. et al. (Org.). A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. São Carlos: RiMa, 2000. p. 1-16.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.14, p.69-77, 2001.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, SP: FFLCH/USP e IPT/FAPESP, 1997. Mapas e Relatório.

ROSS, J. L. S. Relevo Brasileiro: Uma nova proposta de classificação. In: Revista do Departamento de Geografia. nº 04. FFLCH/USP, São Paulo – SP. 1985.

ROSS, J. L. S. & MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Laboratório de Cartografia Geotécnica. FFLCH/USP. IPT/FAPESP. São Paulo – SP. 1985. v. 1 e 2. 64p.

ROSS, J. L. S. & DEL PRETTE, M. E. Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental. Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP. Nº 12, 1998.

SÃO PAULO - Secretaria do Meio Ambiente, 2000. Aquífero Guarani. http://www.ambiente.sp.gov.br/aquifero/principal_aquifero.htm

SÃO PAULO (Estado) – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Estudo de águas subterrâneas: região administrativa 5 – Campinas. São Paulo: DAEE, 1981, 2v.

SÃO PAULO - FFLCH/USP-IPT-FAPESP. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. Por: Jurandyr Luciano Sanches Ross e Isabel Cristina Moroz (Coords). 64p. + Mapa color. Escala: 1:500.000. 1997.

SÃO PAULO - Secretaria de Estado e Meio Ambiente SEMA – Caracterização das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo-SP. 2000.

SÃO PAULO - SMA/SAA/SEP. Macrozoneamento das Bacias dos Rios Mogi-Guaçu, Pardo e Médio-Grande: questões sócio-ambientais regionais. 2v. 168p. il + 9 mapas Escala: 1:250.000. 1995.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais. Instituto Geológico. Formações geológicas de superfície - Folha geológica de Descalvado, Folha SF.23-V-C-IV-4 Escala 1:50.000. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1984a.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais. Instituto Geológico. Formações geológicas de superfície - Folha geológica de Corumbataí, Folha SF.23-Y-A-1-2. Escala 1:50.000. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1984-b.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais. Instituto Geológico. Formações geológicas de superfície - Folha geológica de Pirassununga, Folha SF.23-V-C-V-3 Escala 1:50.000. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1984c.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente, 1995. Macrozoneamento das Bacias dos Rios Mogi Guaçu, Pardo e Médio-Grande. Questões Sócio-Ambientais Regionais. Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Secretaria de Economia e Planejamento. São Paulo. 168p. + Anexos 163p.

SCHOBENHAUS, C. BRITO NEVES, B.B. A Geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Brasília: CPRM.p. 5-25.

SILVA, F de P; Captação de água subterrânea em Formações Fanerozóicas da Depressão Periférica. A experiência de Porto Ferreira – SP. SUPLEMENTO - IX Encontro Nacional de Perfuradores de Poços (1995). ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. 71p.

SIMIONI, J P D, WOLLMAM, C A. A cartografia geoambiental como método de caracterização e localização de lavouras arrozeiras, no município de Mata – RS. In:

Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Pg 401-408

SOARES, P C. O Mesozóico Gondwanico no Estado de São Paulo. 1973. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro.

SOARES, P C. Divisão estratigráfica do Mesozóico do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, v.5, p. 229-251, 1975.

SOBREIRA, F.G. Estudo Geoambiental do Concelho de Sesimbra. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a Obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia Económica e do Ambiente. Lisboa, 347 p. (1995)

SOUZA, W. de Planejamento da rede viária e zoneamento em unidades de conservação empregando um sistema de informações geográficas. Viçosa, 1990. 89p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1990.

TOREZAN, F.E. 2000. Análise ambiental da bacia do rio Bonito (Descalvado, SP) com ênfase nas atividades de exploração mineral de areia. UFSCar. São Carlos. 165p. 6 mapas. Cd-rom. 2v. (Dissertação de Mestrado/PPG-ERN).

TRICART, J. (1977) Ecodinâmica. Rio de Janeiro IBGE/SUPREN. 91 p.

VEDOVELLO, R. Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs. Tese (doutorado em geociências). Instituto de Geociências e Ciências exatas. UNESP – Campus Rio Claro. Rio Claro. 2000.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.

ZUQUETTE, L. V. Análise crítica da Cartografia Geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. São Carlos: USP - São Carlos. 4v. 1987. Tese (Doutorado).

ZUQUETTE, L.V., Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração. 1993. 2v. 368p. Tese (Livre Docência) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1993.

ZUQUETTE, L.V.; Pejon, O. J.; Gandolfi, N. G. Rodrigues, J. E. Mapeamento geotécnico: parte I – atributos e procedimentos básicos para elaboração de mapas e cartas. Revista Geociências. V. 16. nº 2 p. 491-524. 1997.

10.APÊNDICES

APÊNDICE 01 – Mapa Cadastral

APÊNDICE 02 – Mapa de Hipsometria

APÊNDICE 03 – Carta de Declividades

APÊNDICE 04 – Mapa das Sub-Bacias e Áreas de Contribuição

APÊNDICE 05 – Mapa de Uso, Cobertura do Solo e Restrições à Ocupação

APÊNDICE 06 – Mapa de Pluviosidade

APÊNDICE 07 – Mapa de Formações Geológicas de Superfície

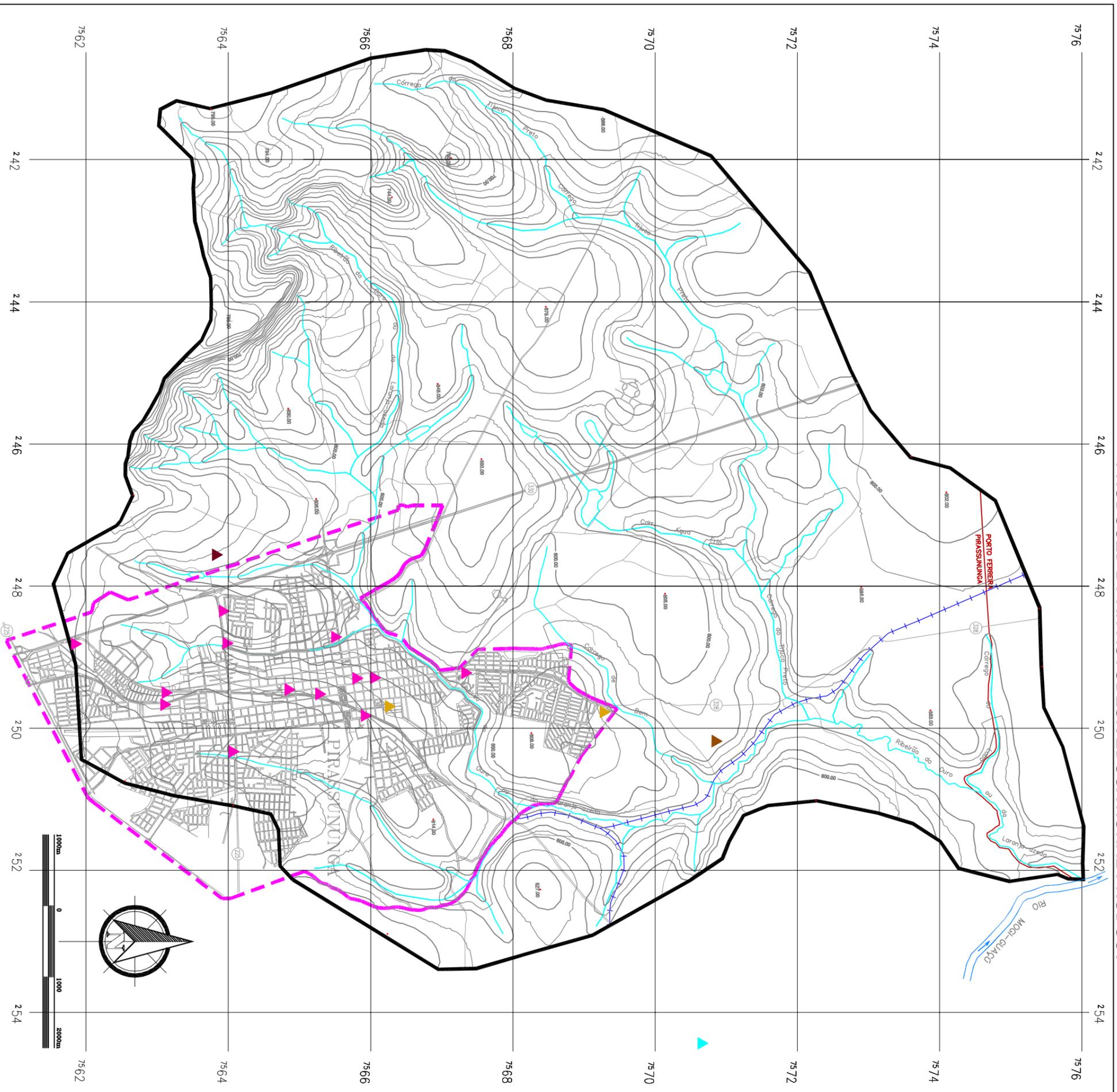
APÊNDICE 08 – Mapa de Materiais Inconsolidados

APÊNDICE 09 – Carta de Escoamento Superficial

APÊNDICE 10 – Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação

APÊNDICE 11 – Carta de Zoneamento Geoambiental

APÊNDICE 12 – Carta Síntese de Diretrizes para o Ordenamento Territorial



- LEGENDA DAS FONTES POLUIDORAS IDENTIFICADAS EM CAMPO**
- ▲ POSTO DE COMBUSTÍVEL
 - ▲ ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
 - ▲ ATERRO CONTROLADO / LIXÃO
 - ▲ CEMITÉRIO MUNICIPAL
 - ▲ USINA DE AÇÚCAR E ALCOOL

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TIPOLOGIA E HIDROGRAFIA

- Curva de nível métrica – cada 20m
- Curva de nível interm. – cada 10m
- Cursos d'água
- Represas e lagoas
- Nascentes

SISTEMA VIÁRIO

- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Vias pavimentadas
- Vias não pavimentadas

ESTRADAS DE FERRO (desativadas)

- Via simples
- Bitola normal ou larga

LIMITES

- Intermunicipal

ÁREA URBANA – 2012

UFSCAR
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro no Município de Pirassununga (SP)
 Luiz Fernando Lasserre (Orientador)
 Reinaldo Lorenzi (Orientador)

MAPA CADASTRAL
 Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. G.
 Unidades: metros
 Datum vertical: morgo mslm, 52
 Datum horizontal: Corrego Alegre, MG
 Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 IBGE (1972) e PIRASSUNUNGA (2007)

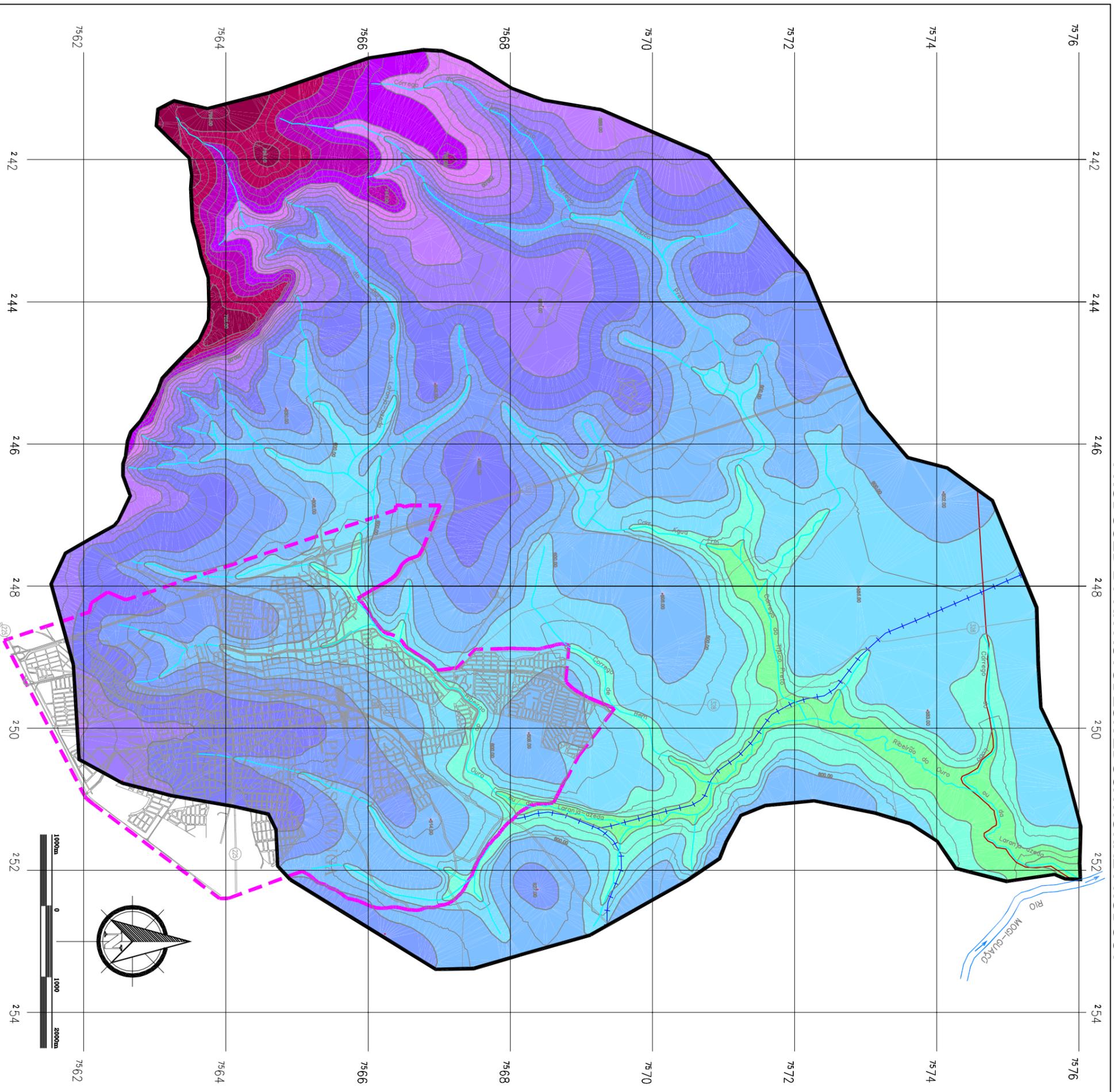


TABELA DE ELEVAÇÕES

Nº	Elev. Mínima	Elev. Máxima	Cor
1	540.00	560.00	Verde
2	560.00	580.00	Ciano
3	580.00	600.00	Azul claro
4	600.00	620.00	Azul
5	620.00	640.00	Azul escuro
6	640.00	660.00	Púrpura claro
7	660.00	680.00	Púrpura
8	680.00	700.00	Púrpura escuro
9	700.00	720.00	Roxo claro
10	720.00	740.00	Roxo
11	740.00	760.00	Roxo escuro
12	760.00	780.00	Violeta
13	780.00	800.00	Violeta escuro

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TIPOLOGIA E HIERARQUIA

- Curva de nível métrica - cada 20m
- Curva de nível interi. - cada 10m
- Curso de água
- Represas e lagoas
- Nascentes

SISTEMA VIÁRIO

- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Vias pavimentadas
- Vias não pavimentadas

ESTRUTURAS DE FERRO (delineadas)

- Via simples
- Bitola normal ou larga

LIMITES

- Via simples
- Bitola normal ou larga
- Intermunicipal

ÁREA URBANA - 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geocombial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Cururu no Município de Prassununga (SP)

Luz Fernando Lasserre (Orientador)
 Rafaelo Lomardi (Orientador)

MAPA DE HIPSEMÉTRIA
 Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 BGE (1972) e Instituto Geológico (1981)

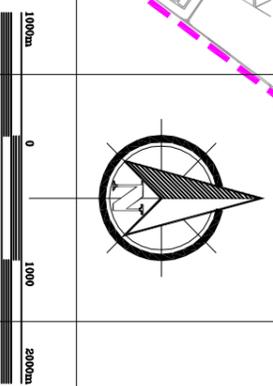
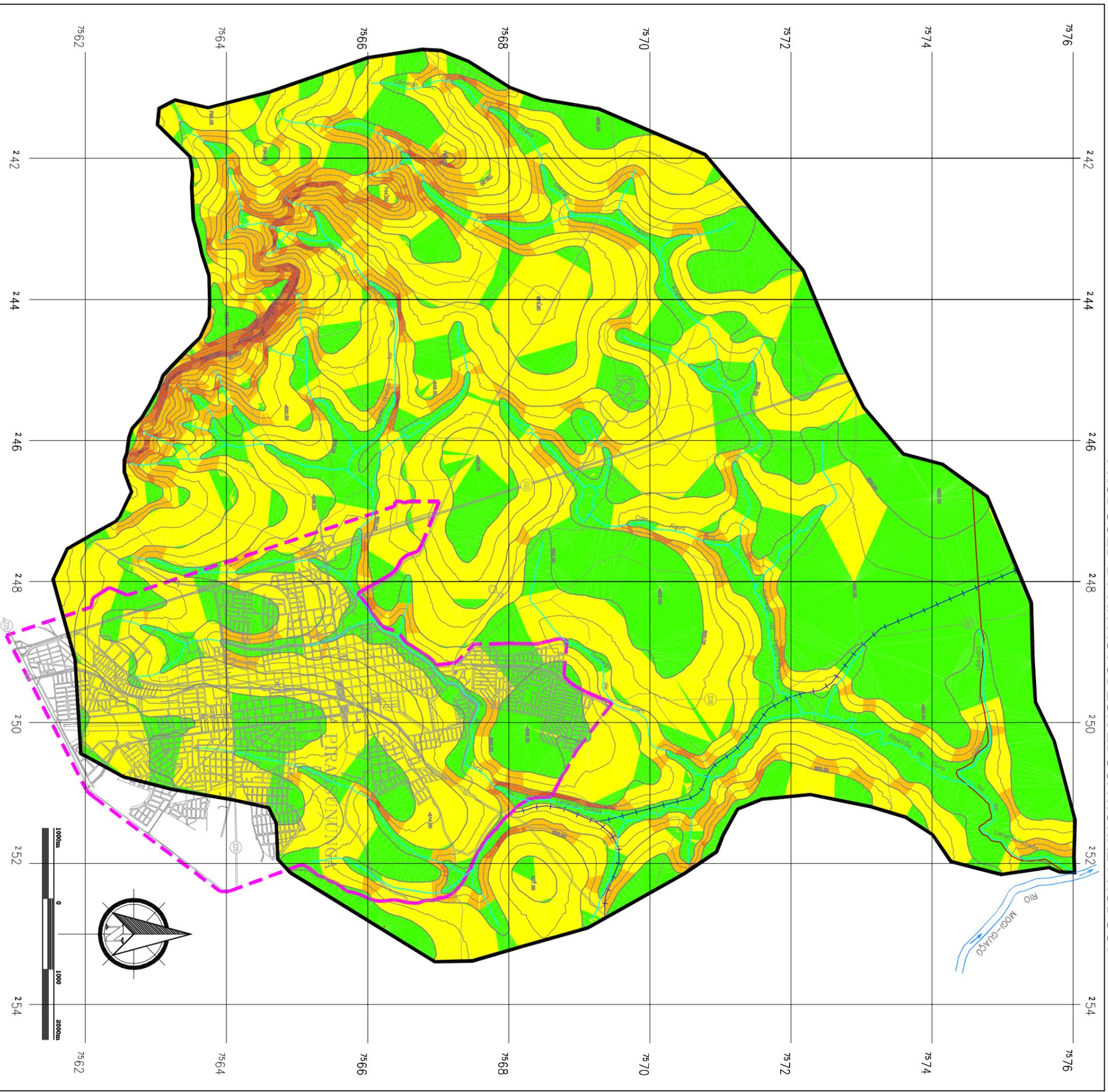


TABELA DE DECLIVIDADES

Nº	Decliv. Mínima	Decliv. Máxima	Cor	Área (ha)
1	0.00%	2.00%	Verde	4.818,06
2	2.00%	10.00%	Amarelo claro	6.121,25
3	10.00%	20.00%	Amarelo	1.052,84
4	20.00%	30.00%	Amarelo escuro	148,95
5	30.00%	45.00%	Laranja	59,41
6	45.00%	ou mais	Vermelho	14,23

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

- Curva de nível métrica – cada 20m
- Curva de nível interi. – cada 10m
- Cursos d'água
- Represas e lagos
- Nascentes

SISTEMA VIÁRIO

- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Vias pavimentadas
- Vias não pavimentadas

ESTRADAS DE FERRO (desativadas)

- Via simples
- Bitúea normal ou larga

LIMITES

- Intermunicipal

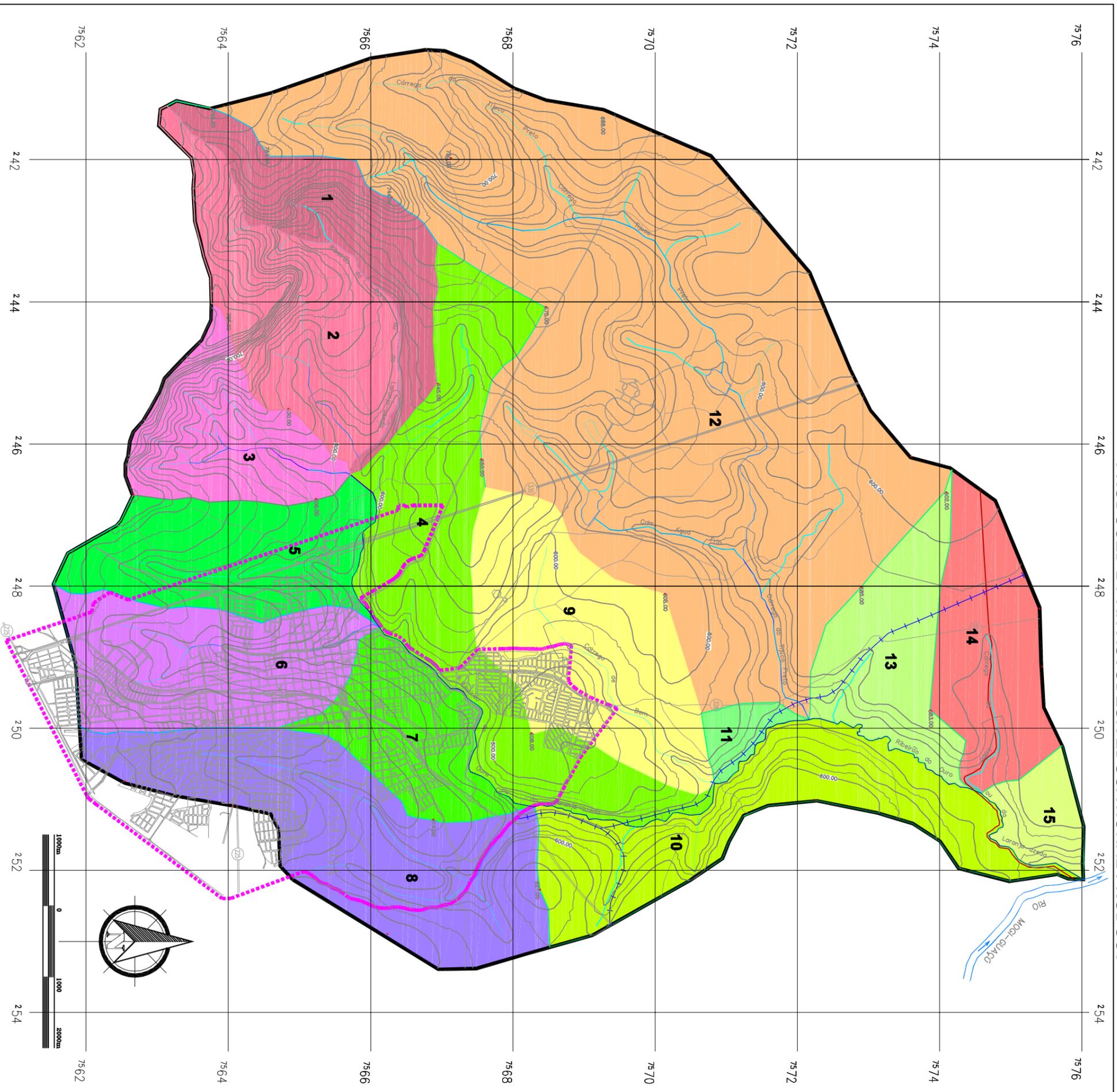
ÁREA URBANA – 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro no Município de Pirassununga (SP)
 Luiz Fernando Lessandro (Doutorando)
 Reinaldo Lorenzi (Orientador)

CARTA DE DECLIVIDADES
 Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Outubro/2014 - Escala: 1:50.000
 Origem da projeção: Equador e Meridiano 45° W. G.
 Unidades: metros
 Datum vertical: morgoti métrico, SC
 Datum horizontal: Corrêgo Algeps, MG
 Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 BGE (1972) e Instituto Geológico (1981)



LEGENDA DAS SUB-BACIAS E ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO

- 1 - Área de contribuição margem esquerda - 4,80 km²
- 2 - Área de contribuição margem direita - 7,03 km²
- 3 - Área de contribuição margem direita - 4,66 km²
- 4 - Área de contribuição margem esquerda - 10,82 km²
- 5 - Área de contribuição margem direita - 5,98 km²
- 6 - Área de contribuição margem direita - 6,69 km²
- 7 - Área de contribuição margem direita - 4,08 km²
- 8 - Área de contribuição margem direita - 10,31 km²
- 9 - Sub-bacia do Corrego de Bem - 8,26 km²
- 10 - Área de contribuição margem direita - 7,72 km²
- 11 - Área de contribuição margem esquerda - 0,82 km²
- 12 - Sub-bacia do Corrego do Tijuco Preto - 39,59 km²
- 13 - Área de contribuição margem esquerda - 4,61 km²
- 14 - Sub-bacia do Corrego do Lobo - 5,15 km²
- 15 - Área de contribuição margem esquerda - 1,44 km²

LEGENDA DAS ORDENS DOS CANAIS

- Canal de 1ª Ordem
- Canal de 2ª Ordem
- Canal de 3ª Ordem
- Canal de 4ª Ordem

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

- Curva de nível métrica - cada 20m
- Curva de nível intern. - cada 10m
- Cursos d'água
- Represas e lagoas
- Nascentes

SISTEMA VIÁRIO

- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Vias pavimentadas
- Vias não pavimentadas

ESTRUTURAS DE FERRO (dashed)

- Via simples
- Biteia normal ou larga

LIMITES

- Via simples
- Biteia normal ou larga
- Intermunicipal

ÁREA URBANA - 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro no Município de Prassununga (SP)

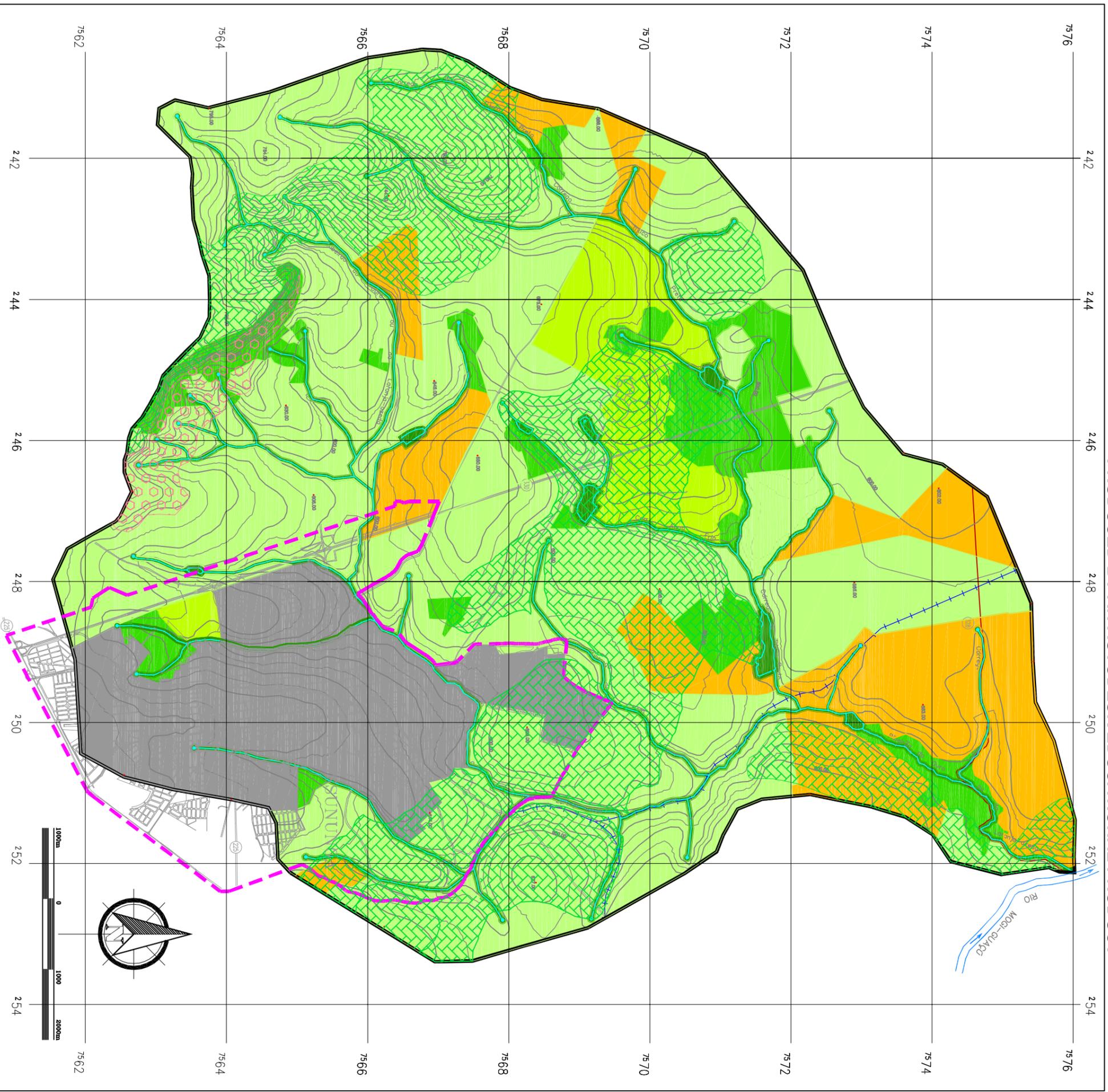
Luz Fernando Lossardo (Orientador)
 Rafaelo Lorenzi (Orientador)

MAPA DAS SUB-BACIAS E ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO

Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 BGE (1972) e Instituto Geográfico (1981)



LEGENDA DE USO DO SOLO

	MATA CILIAR - 9,87 Km ² - 7,84 %.
	FRAGMENTOS DE MATAS NATIVAS 8,75 Km ² - 6,95%
	PASTAGEM - 6,23 Km ² - 4,94%
	CANA-DE-AÇÚCAR - 70,17 Km ² - 55,72%
	LARANJA 16,27 Km ² - 12,92%
	AREA URBANA 14,65 Km ² - 11,63%

LEGENDA DAS ÁREAS COM RESTRIÇÕES À OCUPAÇÃO

- Área de recarga aquífero Serra Geral.
- Área de recarga aquífero Pirambóia (Guarani).
- Nascentes

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

- Curva de nível métrica - cada 20m
- Curva de nível interi. - cada 10m
- Cursos d'água
- Represas e lagoas
- Nascentes

SISTEMA VIÁRIO

- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Vias pavimentadas

ÁREA URBANA - 2012

ESTRADAS DE FERRO (desativadas)

- Via simples
- Bitúma normal ou largo

LIMITES

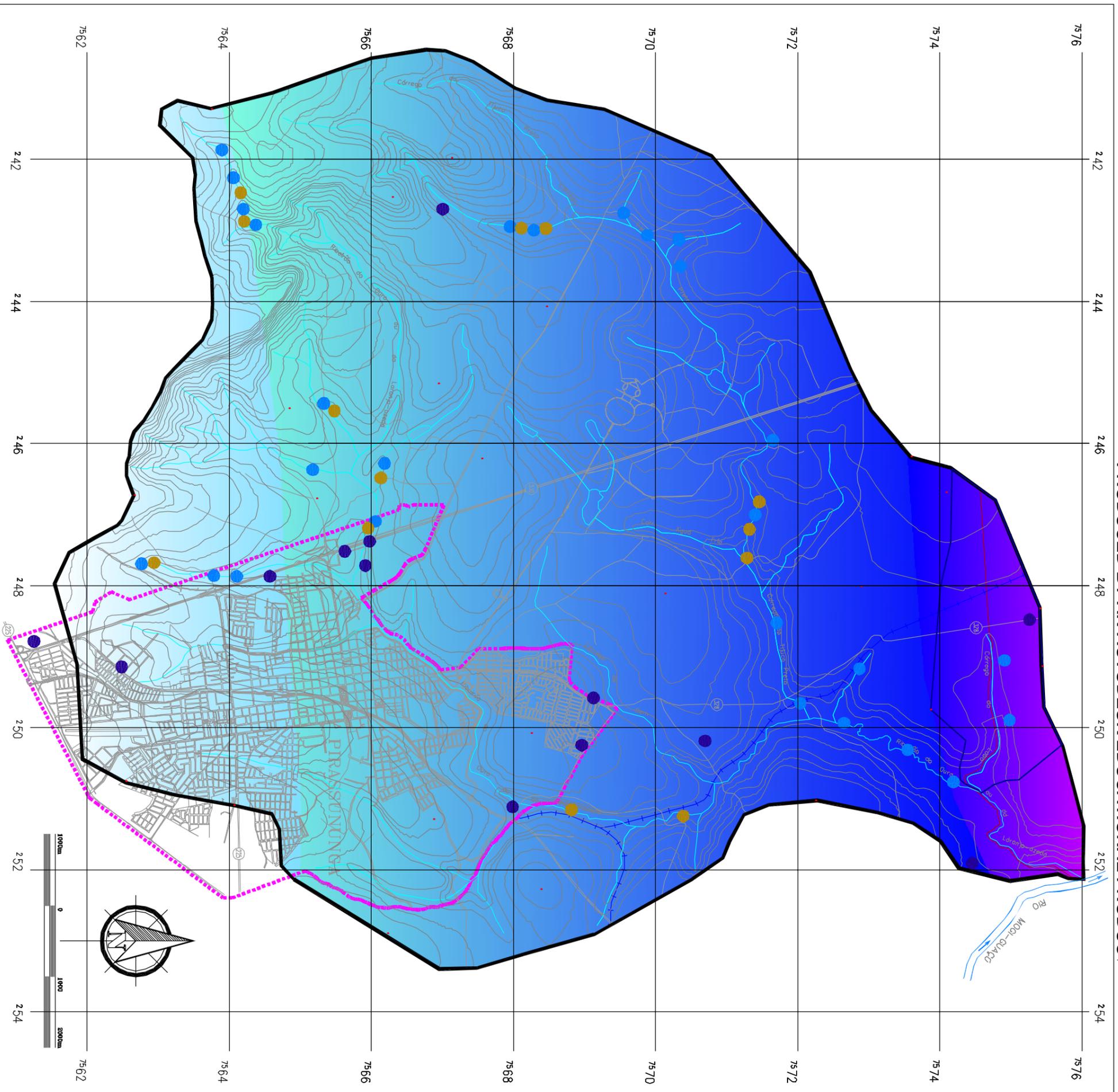
- Intermunicipal

UFSCAR
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geocombial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro no Município de Pirassununga (SP)
Luiz Fernando Lessardi (Orientador)
Rafaelito Lorenzi (Orientador)

MAPA DE USO, COBERTURA DO SOLO E RESTRIÇÕES À OCUPAÇÃO
Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 BRZ (1972), Instituto Geográfico (1981) e Galvão (2001)



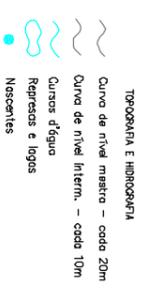
LEGENDA DAS SUPERFÍCIES DE PRECIPITAÇÃO



LEGENDA DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E LANÇAMENTOS DE ESGOTO OUTORGADOS



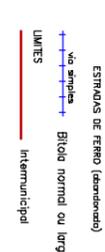
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



LIMITE DA BACIA DO RIBEIRÃO DO OURO



ÁREA URBANA - 2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro no Município de Pirassununga (SP)

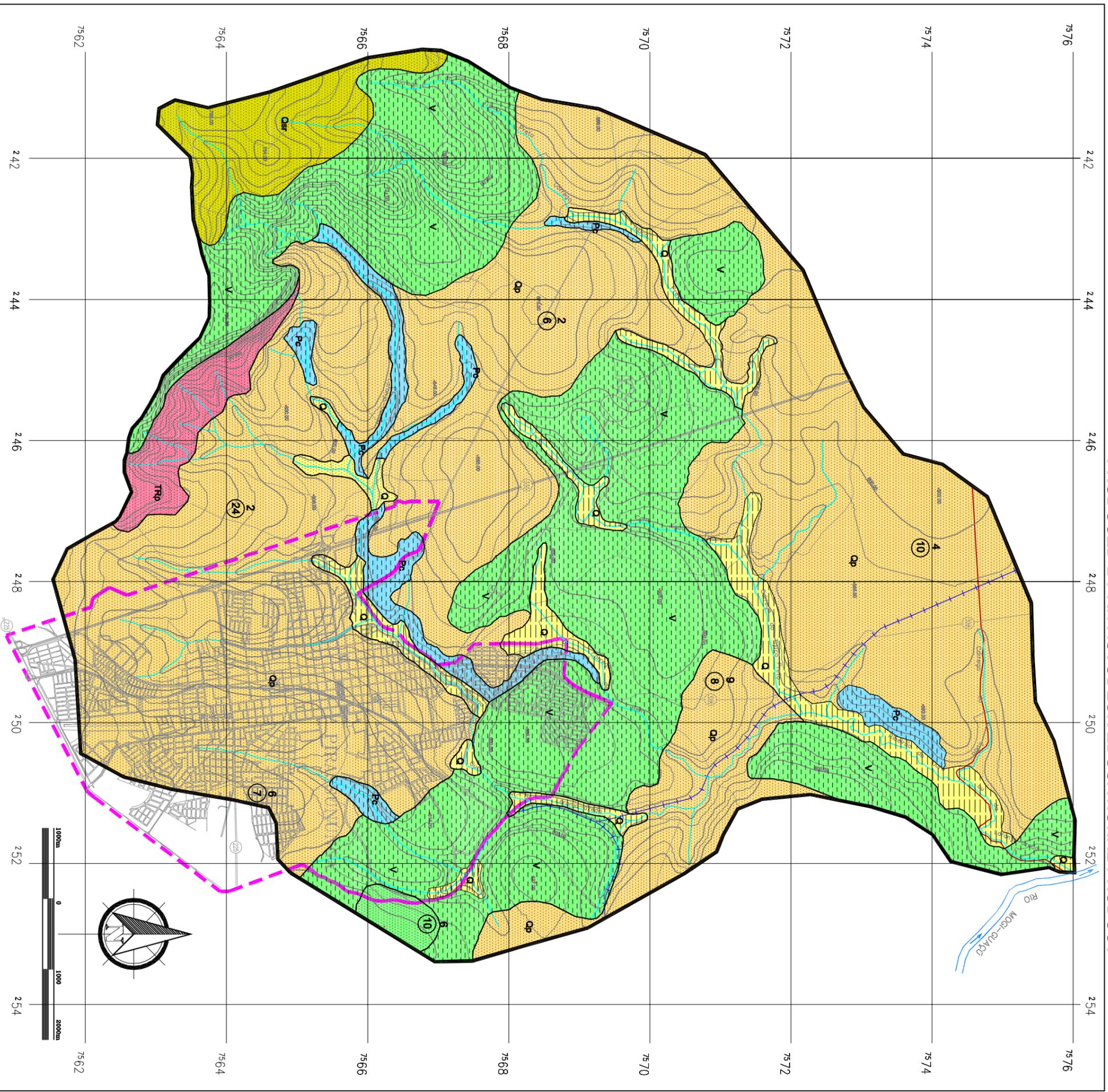
Lutz Fernando Lassaro (Oculante)
 Rainerio Lorenzi (Orientador)

MAPA DE PLUVIOSIDADE

Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 IBGE (1972), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e CENSAUS (2008)

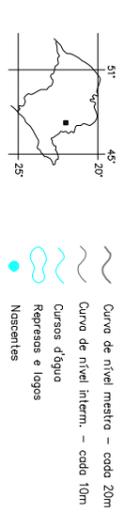


LEGENDA DE ESTRATIGRAFIA

CENOZOICO		PALEOZOICO	
Quaternário (?) (Arelas, Siltes e Argilas)	Jura-Cretáceo Intrusivos Básicos (Dialbasios)	Triássico? Fm. Prassununga (Arelas e Conglomerados)	Permiano Fm. Corumbatai (Silites e Argilites)
Fm. Prassununga (Arelas e Conglomerados)			
Quaternário (?)			
(Fm. Sta Rita do Passa Quatro) (Arelas e Cascalhos)			

GRANULOMETRIA CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

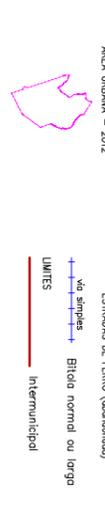
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



SISTEMA VIÁRIO



ÁREA URBANA - 2012



UFSCAR
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ourto no Município de Prassununga (SP)

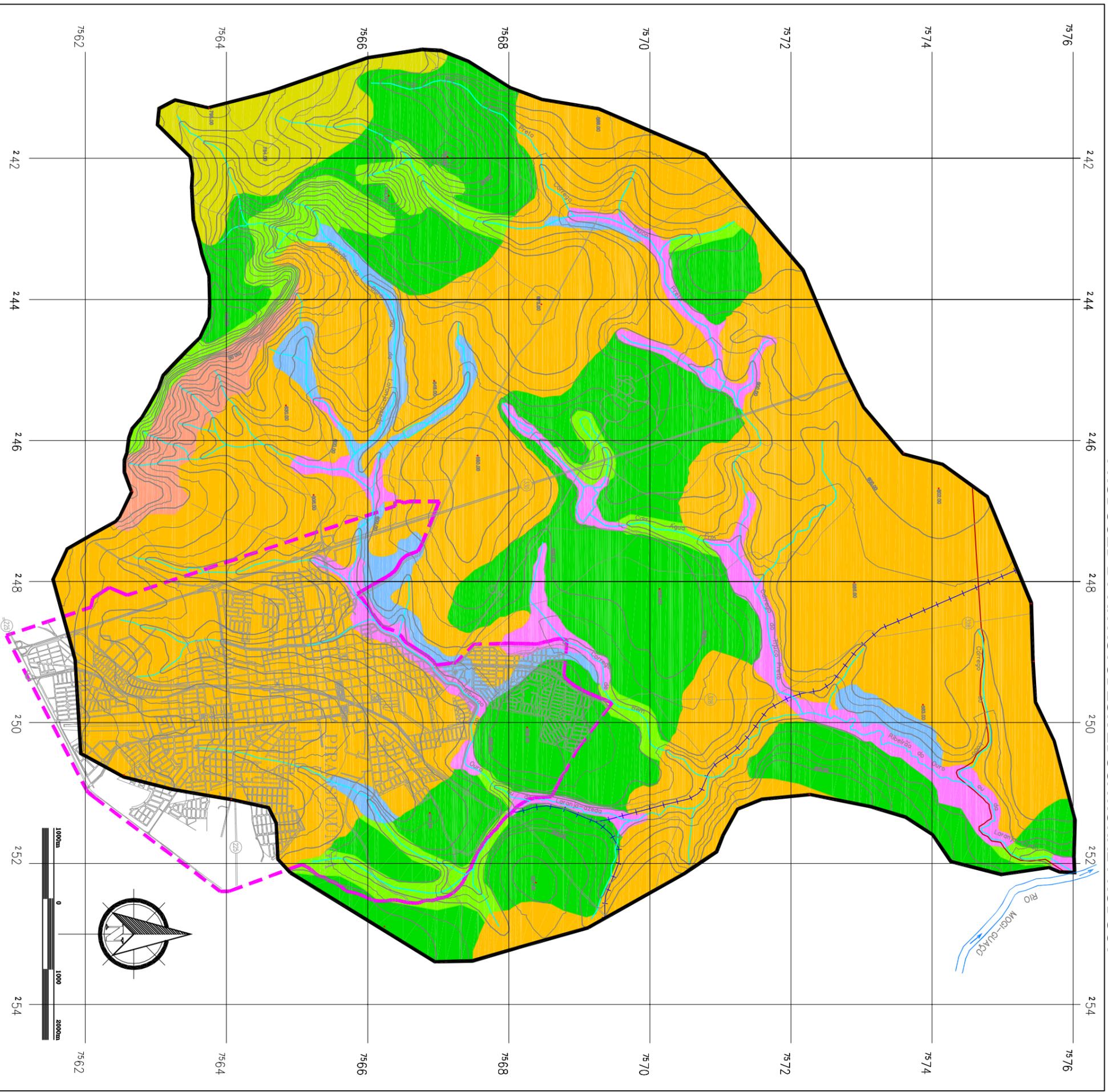
Luiz Fernando Lessarato (Doutorando)
Reinaldo Lorenzi (Orientador)

MAPA DE FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DE SUPERFÍCIE

Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

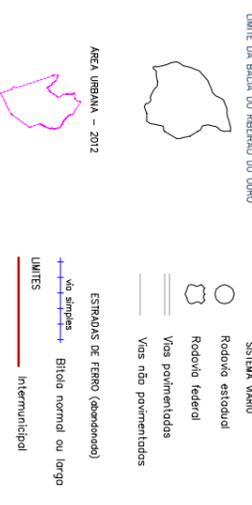
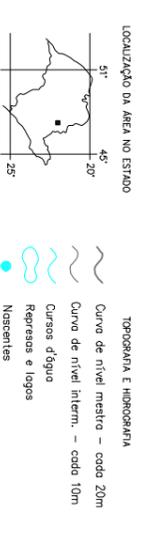
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 BGE (1972) e Instituto Geológico (1981)



LEGENDA DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS

- Fm. Serra Geral - Residual
- Fm. Serra Geral - Retrabalhado
- Fm. Pirassununga - Retrabalhado
- Fm. Corumbatal - Residual
- Fm. Santa Rita do Passa Quatro Retrabalhado
- Aluviões

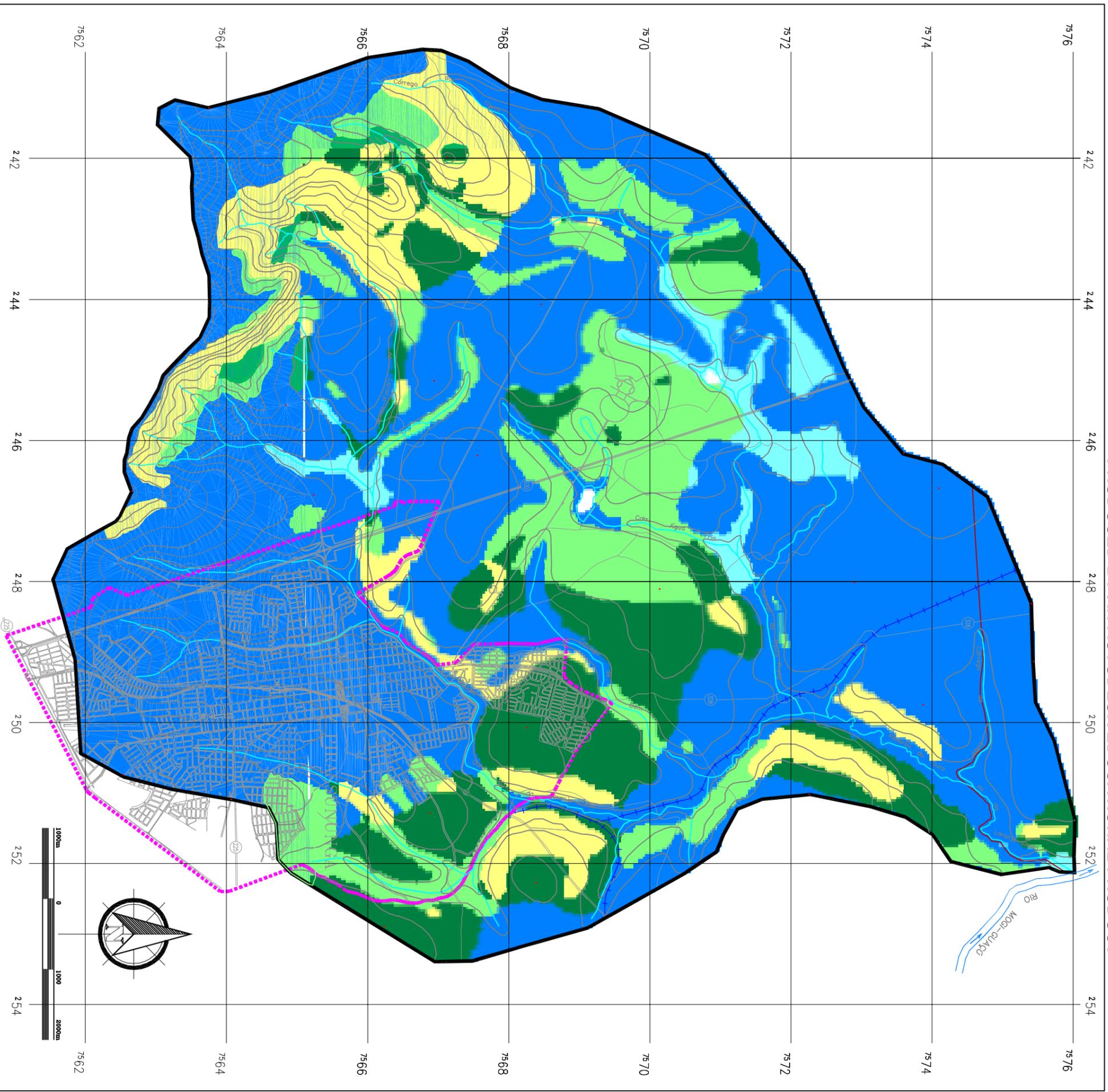


UFSCAR
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Cururo no Município de Pirassununga (SP)
 Luiz Fernando Lasserre (Orientador)
 Rafaelito Lorenzi (Orientador)

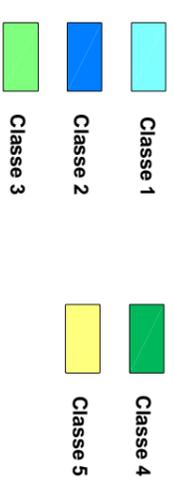
MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS
 Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Outubro/2014 - Escala: 1:50.000
 Datum vertical: morgado paulista, 52
 Datum horizontal: Corrego Alegre, MG
 Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 BRZ (1972), Instituto Geográfico (1981) e Garmin (2001)



CLASSES DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O escoamento superficial aumenta da classe 1 para a classe 10
Obs: as classes de 6 a 10 não ocorreram na área.



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

- Curva de nível métrica - cada 20m
- Curva de nível intern. - cada 10m
- Cursos d'água
- Represas e lagos
- Nascentes

SISTEMA VIÁRIO

- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Vias pavimentadas
- Vias não pavimentadas

ESTRADAS DE FERRO (desativadas)

- Via simples
- Bitola normal ou larga

ÁREA URBANA - 2012

LIMITES

- Via simples
- Bitola normal ou larga
- Intermunicipal

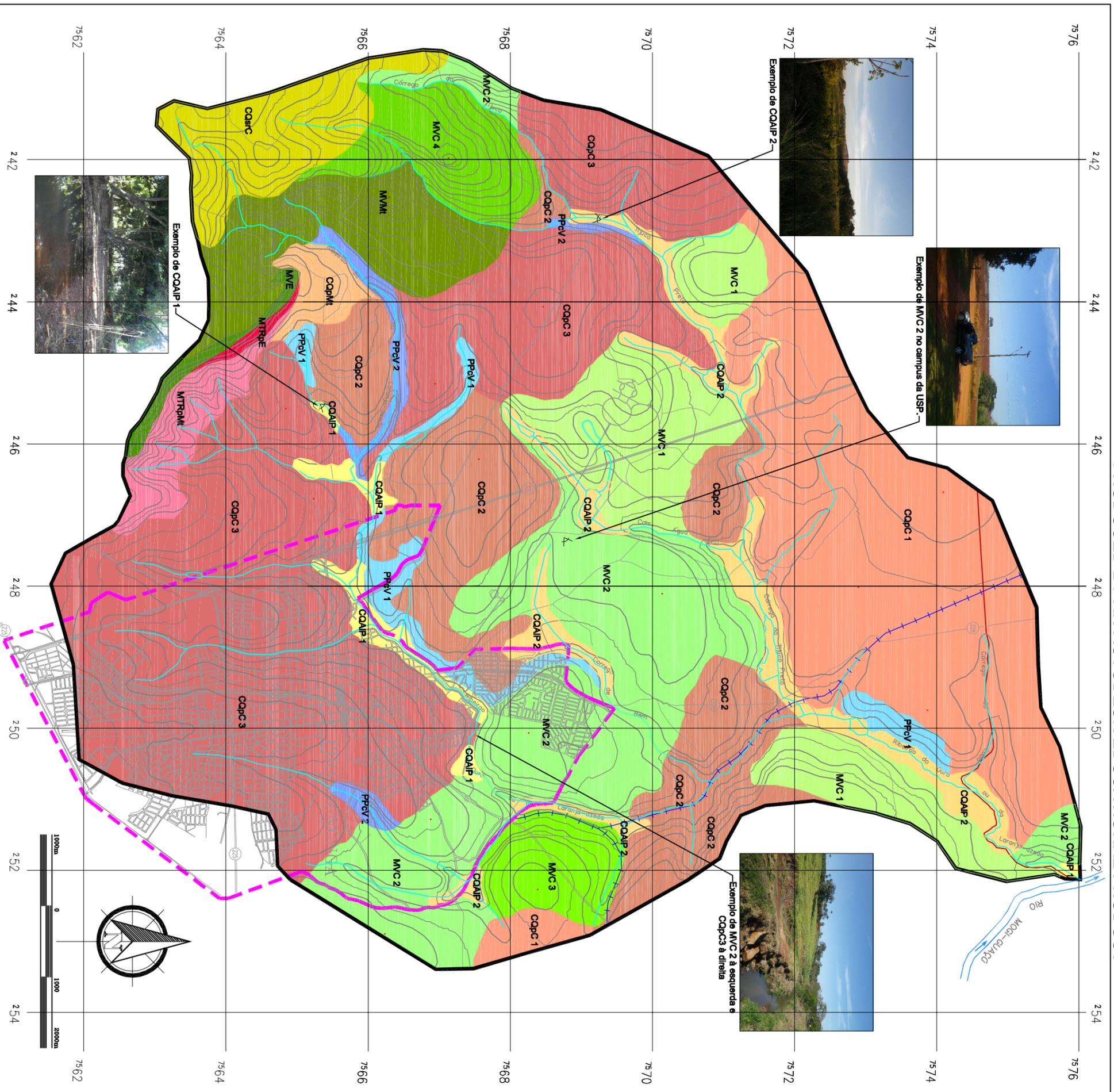
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro no Município de Pirassununga (SP)

Luz Fernando Lossardo (Orientador)
Rafaelito Lorenzi (Orientador)

CARTA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL
Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem de projeção: Equador e Meridiano 45° W. G.
Projeção: Transversal Equidistante
Datum vertical: morgo métrico, SC
Datum horizontal: Corrego Alegre, MG
Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 BRZ (1972), Instituto Geográfico (1981) e Garmin (2001)



LEGENDA DAS UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO

- | | | |
|------------------------------|--|---|
| Quaternário - Aluvial | Quaternário - Formação Pirassununga | Jura-cretáceo - Intrusivas Básicas |
| COAIP - 1 | COAPM | MVC - 1 |
| COAIP - 2 | COAPC - 1 | MVC - 2 |
| | COAPC - 2 | MVC - 3 |
| | COAPC - 3 | MVC - 4 |
| | | MVE |
| | | MVMK |
| | | Triássico - Fm. Pirambóia |
| | | MTRPE |
| | | MTRpM |
| | | Permiano - Fm. Corumbataí |
| | | PPeV - 1 |
| | | PPeV - 2 |

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TIPOLOGIA E HIDROGRAFIA

- Curva de nível métrica - cada 20m
- Curva de nível intern. - cada 10m
- Curso de água
- Represas e lagoas
- Nascentes

SISTEMA VIÁRIO

- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Vias pavimentadas
- Vias não pavimentadas

ESTRADAS DE FERRO (desativadas)

- Via simples
- Bitúea normal ou larga

ÁREA URBANA - 2012

LIMITES

- Intermunicipal

UFPA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Curu no Município de Pirassununga (SP)

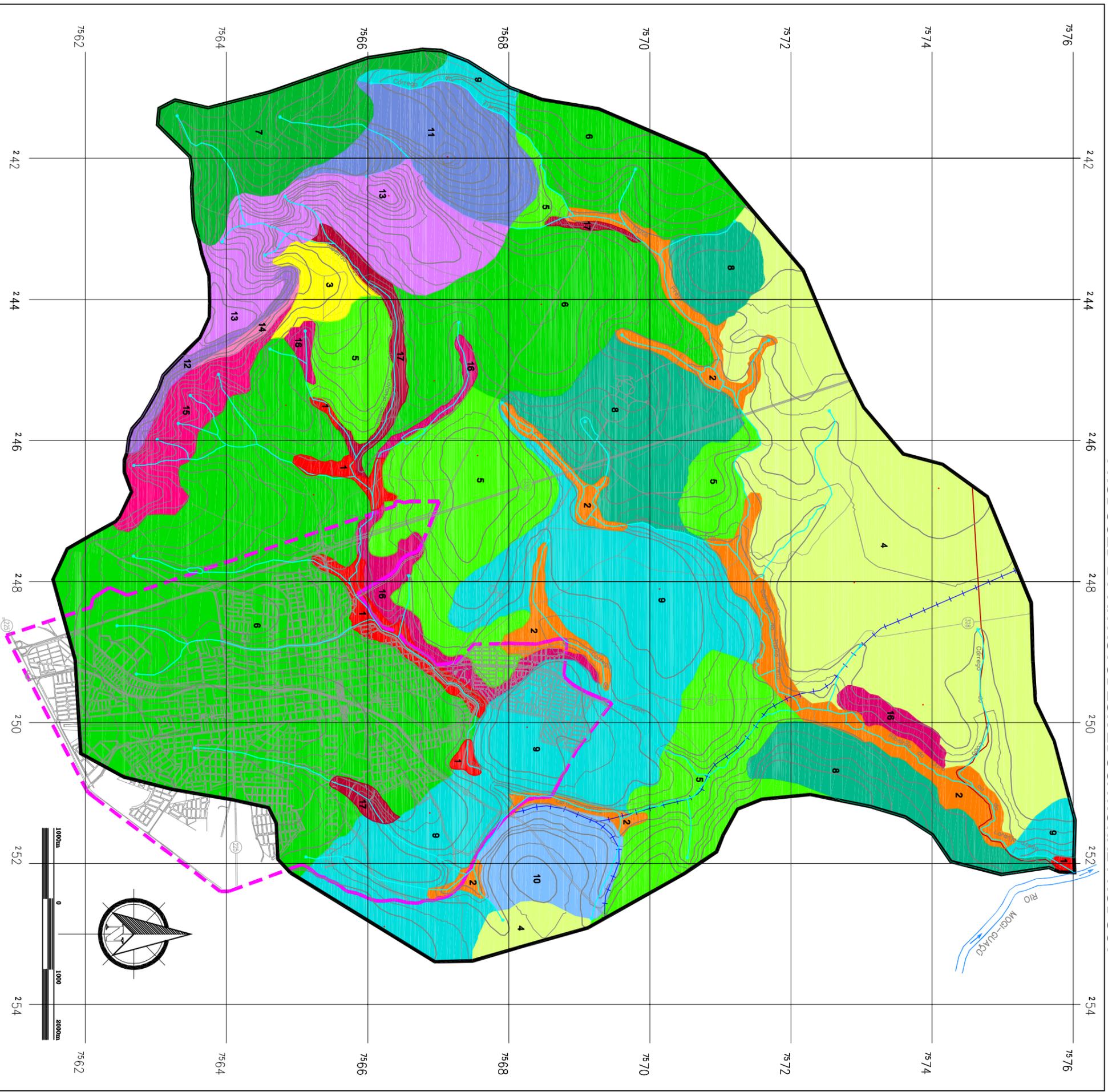
Luiz Fernando Lossardo (Orientador)
Reinaldo Lorenzi (Orientador)

MAPA DE UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO

Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Fonte: Folha Topográfica 1:50.000 BRZ (1972), Instituto Geográfico (1981) e Galvão (2001)



- LEGENDA DAS ZONAS GEOAMBIENTAIS**
- █ Zona Geoambiental 01
 - █ Zona Geoambiental 02
 - █ Zona Geoambiental 03
 - █ Zona Geoambiental 04
 - █ Zona Geoambiental 05
 - █ Zona Geoambiental 06
 - █ Zona Geoambiental 07
 - █ Zona Geoambiental 08
 - █ Zona Geoambiental 09
 - █ Zona Geoambiental 10
 - █ Zona Geoambiental 11
 - █ Zona Geoambiental 12
 - █ Zona Geoambiental 13
 - █ Zona Geoambiental 14
 - █ Zona Geoambiental 15
 - █ Zona Geoambiental 16
 - █ Zona Geoambiental 17

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

- Curva de nível métrica – cada 20m
- Curva de nível interna – cada 10m
- Cursos d'água
- Represas e lagoas
- Nossentes

SISTEMA VIÁRIO

- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Vias pavimentadas
- Vias não pavimentadas

ESTRADAS DE FERRO (desativadas)

- Via simples
- Bitola normal ou larga

LIMITES

- Intermunicipal

ÁREA URBANA – 2012

UFSCAR

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ourto no Município de Pirassununga (SP)

Luz Fernando Lossardo (Orientador)
Rafaelito Lorenzi (Orientador)

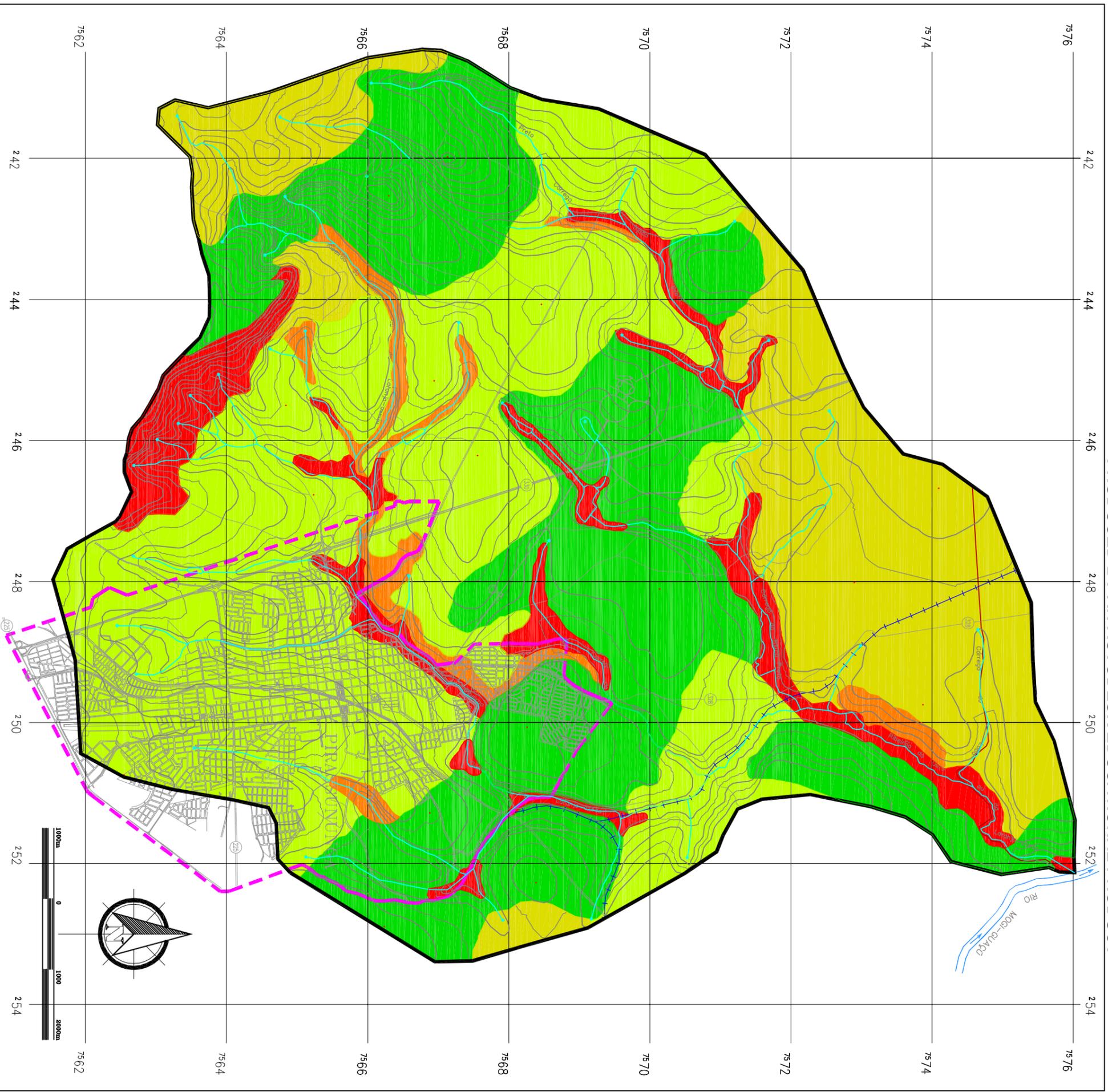
CARTA DE ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. G. UTM
Coordenadas: Datum vertical: morgoito métrico, SC
Datum horizontal: Corrego Alegre, MG

Fonte: Folha Topográficas 1:50.000 BRZ (1972), Instituto Geográfico (1981) e Galvão (2001)



- LEGENDA DE ORDENAMENTO TERRITORIAL**
-  **ZORI - Zona de Ocupação Rural Induzida**
 -  **ZOUJ - Zona de Ocupação Urbana Induzida**
 -  **ZORC - Zona de Ocupação Rural Condicionada**
 -  **ZOURC - Zona de Ocupação Urbana e Rural Condicionada**
 -  **ZPOR - Zona de Proteção e Ocupação Restrita**

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

-  Curva de nível métrica - cada 20m
-  Curva de nível interi. - cada 10m
-  Cursos d'água
-  Represas e lagoas
-  Nascentes

SISTEMA VIÁRIO

-  Rodovia estadual
-  Rodovia federal
-  Vias pavimentadas
-  Vias não pavimentadas

ESTRADAS DE FERRO (desativadas)

-  Via simples
-  Bitola normal ou larga

LIMITES

-  Intermunicipal

ÁREA URBANA - 2012

UFSCAR
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Proposta de Zoneamento Geomorfométrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro no Município de Prassununga (SP)
 Luiz Fernando Lessandro (Orientador)
 Rafaelito Lorenzi (Orientador)

CARTA SÍNTESE DE DIRETRIZES PARA O ORDENAMENTO TERRITORIAL
 Outubro/2014 - Escala: 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Datum de referência: Esferóide de W. G. S. 1984
 Datum vertical: morfométrico, SP
 Datum horizontal: Corrego Alegre, MG
 Fonte: Folha Topográficas 1:50.000 BRZ (1972), Instituto Geográfico (1981) e Garmin (2001)