



Diagnóstico do patrimônio ambiental e cultural do Hub Internacional de Desenvolvimento Sustentável (HIDS), em Campinas, São Paulo

PRODUTO 5

RELATÓRIO FINAL DE LEVANTAMENTO GEOTÉCNICO E HIDROGEOLÓGICO

NATUREZA DO TRABALHO

Carta Geotécnica Preliminar de Aptidão Urbana em terreno para construção de estradas, escavação, fundação e urbanização, e caracterização hidrogeológica da área do Hub Internacional de Desenvolvimento Sustentável (HIDS), Campinas-SP

INTERESSADO

Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	AQUISIÇÃO, SISTEMATIZAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DE DADOS E DAS BASES CARTOGRÁFICAS	1
2.1	ORGANIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS PRELIMINARES	1
2.2	BASES CARTOGRÁFICAS CONSOLIDADAS PARA O PROJETO	2
2.2.1	<i>Cartas temáticas do meio físico</i>	2
2.2.2	<i>Mapa de uso e ocupação do solo</i>	21
2.2.3	<i>Bases para a caracterização hidrogeológica</i>	22
3	CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE (APP)	27
3.1	LEVANTAMENTO DE DADOS HIDROGRÁFICOS	27
3.1.1	<i>Registros históricos</i>	30
3.2	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	38
3.2.1	<i>Parâmetros e especificações contidas nas legislações relacionadas a apps utilizados neste trabalho</i>	39
3.2.2	<i>Áreas de preservação permanente na área de estudo</i>	41
4	CARTA DE SUSCETIBILIDADE A DESASTRES NATURAIS	46
4.1	CARTAS DE SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS GEOLÓGICOS	47
4.1.1	<i>Matriz de correlação para análise de suscetibilidade aos processos geológicos</i>	47
4.1.2	<i>Carta de suscetibilidade aos processos de movimentos de massa</i>	52
4.1.3	<i>Carta de suscetibilidade aos processos erosivos</i>	55
4.2	CARTA DE SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS	58
4.2.1	<i>Modelagem preliminar pela metodologia HAND</i>	59
4.2.2	<i>Dados de pluviometria</i>	62
4.2.3	<i>Carta de suscetibilidade aos processos de inundações</i>	62
5	CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO AO USO	65
5.1	CARTA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE AOS DESASTRES NATURAIS	66
5.1.1	<i>Apto</i>	69
5.1.2	<i>Apto com restrições</i>	69
5.1.3	<i>Apto com restrições severas</i>	70
5.1.4	<i>Inapto</i>	71
5.2	CARTA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE ÀS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	72
5.2.1	<i>Apto</i>	75
5.2.2	<i>Apto com restrições</i>	76
5.2.3	<i>Apto com restrições severas</i>	76
5.2.4	<i>Inapto</i>	77
5.3	CARTA DE APTIDÃO À CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS	78
5.3.1	<i>Apto</i>	81
5.3.2	<i>Apto com restrições</i>	81
5.3.3	<i>Apto com restrições severas</i>	82
5.3.4	<i>Inapto</i>	83
5.4	CARTA DE APTIDÃO ÀS ESCAVAÇÕES	84
5.4.1	<i>Apto</i>	87
5.4.2	<i>Apto com restrições</i>	88
5.4.3	<i>Apto com restrições severas</i>	89
5.4.4	<i>Inapto</i>	89
5.5	CARTA DE APTIDÃO ÀS FUNDAÇÕES	90
5.5.1	<i>Apto</i>	93
5.5.2	<i>Apto com restrições</i>	93
5.5.3	<i>Apto com restrições severas</i>	94
5.5.4	<i>Inapto</i>	95
5.6	CARTA DE APTIDÃO CONSOLIDADA	96
5.6.1	<i>Apto (classe 1)</i>	100
5.6.2	<i>Apto com restrições (classe 2)</i>	101
5.6.3	<i>Apto com restrições severas (classe 3)</i>	103



5.6.4	<i>Inapto (classe 4)</i>	106
6	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA	122
6.1	AQUISIÇÃO DE DADOS DE POÇOS.....	122
6.2	CARACTERIZAÇÃO REGIONAL DOS AQUÍFEROS.....	122
6.3	CARACTERIZAÇÃO LOCAL DOS AQUÍFEROS	122
6.3.1	<i>Seções-tipo geológicas</i>	126
6.3.2	<i>Análise dos aquíferos caracterizados</i>	126
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
7.1	SUSCETIBILIDADE E APTIDÃO AO USO.....	131
7.1.1	<i>Áreas de proteção permanente na área do projeto</i>	132
7.2	HIDROGEOLOGIA.....	133
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134

ANEXOS

Anexo A – Tabelas de bases utilizadas no projeto

Anexo B – Arquivos digitais (planilhas, shapefiles e rasters)

Anexo C – Mapas base (formato PDF)

Anexo D – Relatório de vistorias de campo para caracterização preliminar de APP

Anexo E – Relatório de vistorias de campo

Anexo F – Cartas de suscetibilidade

Anexo G – Cartas de aptidão ao uso

Anexo H – Mapa de localização das seções e seções-tipo geológicas



1 INTRODUÇÃO

A CarbonoZero Consultoria Ambiental apresenta o relatório final contendo a consolidação dos resultados da cartografia geotécnica de aptidão ao uso do solo na área de estudo.

Este relatório apresenta os resultados dos trabalhos realizados no mapeamento, análise e consolidação dos dados obtidos para o projeto de elaboração da Carta Geotécnica Preliminar de Aptidão aos diferentes usos do solo em terreno para construção de estradas, escavação, fundação e urbanização e, também, a caracterização hidrogeológica da área prevista para o projeto do HIDS – Hub Internacional para o Desenvolvimento Sustentável, no município de Campinas, SP.

Este relatório integra um dos produtos finais propostos pelo Termo de Referência BR-T1430 denominados Produtos 4, 5 e 6 e detalhados a seguir:

- Produto 4 - Relatório final incluindo relatório técnico detalhado e plano ambiental territorial
- Produto 5 - Relatório final de levantamento geotécnico e hidrogeológico
- Produto 6 - Relatório final de levantamento e caracterização climática

2 AQUISIÇÃO, SISTEMATIZAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DE DADOS E DAS BASES CARTOGRÁFICAS

A etapa inicial do trabalho consistiu na preparação da base cartográfica para a elaboração da Cartografia Geotécnica de Aptidão ao Uso, em escala 1:5.000. Ao longo desta etapa foram coletadas as bases cartográficas e dados disponíveis para que fossem, subsequentemente, consolidados, permitindo a delimitação das unidades de análise relativas ao meio físico e ao uso e ocupação do solo, bem como dos dados utilizados na caracterização hidrogeológica.

2.1 ORGANIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS PRELIMINARES

Os dados preliminares obtidos foram organizados e sistematizados em Bancos de Dados. Estes dados estão relacionados e sistematizados na **Tabela 01** do **Anexo A**, e seus dados cartográficos foram espacializados e inseridos no Banco de Dados Georreferenciado (**Anexo B**), junto aos demais dados e bases cartográficas fornecidos pelo Contratante ou obtidos pela Contratada após pesquisa.

A partir dos dados preliminares foram elaborados produtos cartográficos, como mapas de declividade, curvatura vertical e curvatura horizontal do terreno, mapas de unidades de análise para o meio físico (UBC – Unidade Básica de Compartimentação) e para o uso de ocupação do solo (UHCT), bem como as bases cartográficas obtidas ou fornecidas foram adequadas para apresentar os conteúdos restritos ao perímetro das sub-bacias que compreendem a área de estudo. As bases elaboradas até o momento estão relacionadas na **Tabela 02** do **Anexo A**, e estão disponíveis nos arquivos digitais **Anexo B**.



2.2 BASES CARTOGRÁFICAS CONSOLIDADAS PARA O PROJETO

Alguns fatores representam grandezas para a análise fisiográfica. Desta maneira, alguns destes fatores, mesmo quando não possuem atributos para compor a análise das variáveis da carta de suscetibilidade do meio físico, que é utilizada como base para a carta geotécnica, necessariamente se enquadram como elementos de dão suporte à compartimentação das unidades de análise. As grandezas associadas ao meio físico são diversas, e podem expressar fatores distintos, com influência na composição espacial e nos atributos, para diferentes composições de processos geodinâmicos, como os aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos.

Assim, para cada fator que se visa obter, uma combinação diferente pode ser aplicada, de maneira que fatores geológicos possam ser expressos por atributos, ponderados ou não, sobre a erodibilidade, densidade de lineamentos, etc. Alguns dos fatores apresentados são obtidos a partir de cartas temáticas pretéritas, ou de cartas temáticas elaboradas com base nos dados adequados à escala de análise.

Para as análises que serviram como base para a elaboração da carta de suscetibilidade a desastres naturais e das cartas geotécnicas de aptidão foram elaboradas:

- Cartas temáticas de geologia, geomorfologia e pedologia, com base em cartas da CPRM (CPRM, 2010) e EMBRAPA, na escala de melhor detalhe disponível, e adequadas ao perímetro das sub-bacias que abrangem a área de estudo;
- Cartas de suscetibilidade a movimentos de massa, inundações e processos erosivos, a partir das cartas produzidas pela CPRM (CPRM, 2014) e IPT/DAEE (IPT/DAEE, 2013), na escala de melhor detalhe disponível, e adequadas ao perímetro das sub-bacias que abrangem a área de estudo;
- Carta topográfica na escala 1:10.000. Extraído da base topográfica 1:10.000, do Instituto Geográfico e Cartográfico -IGC-SP (IGC-SP, 1979), disponibilizado na plataforma DATAGEO da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente;
- Carta de risco de processos geodinâmicos, com base no relatório elaborado pela CPRM (CPRM, 2013), e teve seu conteúdo adequado ao perímetro das sub-bacias que abrangem a área de estudo; e
- Carta de Unidades Básicas de Compartimentação (UBC), elaboradas pela REGEA no âmbito do projeto, com base em metodologia utilizada em: Vedovello (2000), Tominaga et al. (2004, 2008), Oliveira et al. (2007), Cardoso et al. (2009), Fernandes da Silva et al. (2010), Ferreira & Rossini-Penteado (2011), Ferreira et al. (2013). Detalhado na **seção 2.2.1.6** do presente relatório.

2.2.1 CARTAS TEMÁTICAS DO MEIO FÍSICO

A partir dos dados preliminares foram elaborados mapas que subsidiaram a compartimentação do terreno para elaboração da carta de suscetibilidade a desastres naturais, bem como das cartas geotécnicas de aptidão.

As bases elaboradas a partir destes dados preliminares coletados, sistematizados e organizados são apresentadas nos subitens a seguir. Os arquivos cartográficos digitais utilizados para elaboração dos resultados estão disponibilizados no **Anexo B**. Os mapas produzidos nesta etapa, em formato PDF, estão apresentados no **Anexo C**.



2.2.1.1 Bacia e sub-bacias

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do Anhumas, que geograficamente engloba algumas porções dos municípios de Paulínia e Campinas. No perímetro da área de estudo são identificadas duas sub-bacias pertencentes à Bacia do Anhumas, sendo elas: Sub-bacia do Ribeirão das Anhumas (porção oriental) e Sub-bacia do Ribeirão das Pedras (porção ocidental). O limite entre ambas é definido por um alto topográfico (divisor de águas).

A hierarquia fluvial proposta por Strahler (1954) denomina os menores canais, sem tributários como os de primeira ordem, desde sua nascente até a confluência. Partindo dessa definição, as duas sub-bacias caracterizam-se por drenagens classificadas de primeira à quinta ordem. O mapa com a disposição geográfica da bacia, sub-bacias e da área de estudo está ilustrado na **Figura 2.2.1.1-1**, e apresentado na **Figura 01** do **Anexo C**.

2.2.1.2 Geologia

Localizada no distrito de Barão Geraldo, na Zona Norte do município de Campinas, segundo o mapeamento geológico na escala 1:50.000 (IG, 2009), a região que compreende as duas sub-bacias que contém a área de estudo abrangem geologicamente rochas pertencentes à Formação Serra Geral, ao Subgrupo Itararé, ao Complexo Itapira, bem como da Suíte Granítica Jaguariúna e Aluviões. O mapa com a distribuição das litologias está ilustrado na **Figura 2.2.1.2-1**, e apresentado na **Figura 02** do **Anexo C**.

A Formação Serra Geral (JKB) é predominante na área, disposta geograficamente nas porções central, sudoeste, oeste e noroeste no perímetro das sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras. Com idade referente aos períodos Jurássico – Cretáceo, as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral identificadas na área de estudo consistem em basaltos e diabásios cinza escuros a pretos, finos ou muito finos e maciços, que predominam sob a forma de sills.

Do ponto de vista geotécnico, o solo residual gerado pelos basaltos e diabásios é essencialmente argiloso a argilo-siltoso, bem desenvolvido em relevos aplainados e apresentam qualidades químicas e físicas que lhe confere, de modo geral, boa resistência à erosão e baixa permeabilidade. No entanto, ressalta-se que é comum a presença de argilominerais expansivos em solos residuais da Formação Serra Geral, bem como material de preenchimento de fraturas na rocha, que comumente podem promover instabilizações em taludes de corte. Em meio ao solo residual é frequente a ocorrência de matacões de dimensões decimétricas, que podem causar recalques diferenciais em fundações profundas, caso não sejam realizadas investigações geotécnicas através de sondagens em locais onde se pretende instalar essas estruturas.

Acerca do Subgrupo Itararé (CPiD), são rochas do Carbonífero – Permiano caracterizadas pela associação faciológica de diamictitos maciços ou com granodecrescência ascendente, lamitos com grânulos estratificados ou com laminação cruzada cavalgante ou plano-paralela, ritmitos areno-silto-argilosos ou silto-argilosos. O solo residual gerado pelos sedimentos do Subgrupo Itararé apresenta, de modo geral, profundidades pouco desenvolvidas, com baixa permeabilidade nas fácies predominantemente argilosas, e maior permeabilidade nos trechos de fácies areno-siltosas a arenosas.

Com idades referentes ao Proterozóico Superior, as rochas da Suíte Granítica Jaguariúna (PSYjP) encontram-se nas porções sul e oeste, definidas como Hornblenda-biotita granitos 3b porfiríticos ou facoidais, foliados, cinza rosados a rosa acinzentados, com megacristais ovalados



de feldspato potássico e matriz fina a média. O Complexo Itapira (PMil), formado no Proterozóico Médio, consiste em Gnaisses indiferenciados que se intercalam métrica e decimetricamente: biotita gnaiss cinza médio, biotita gnaiss granítico, biotita gnaiss fino mesocrático, biotita-anfibólio gnaiss mesocrático, anfibolitos e possíveis rochas sãs.

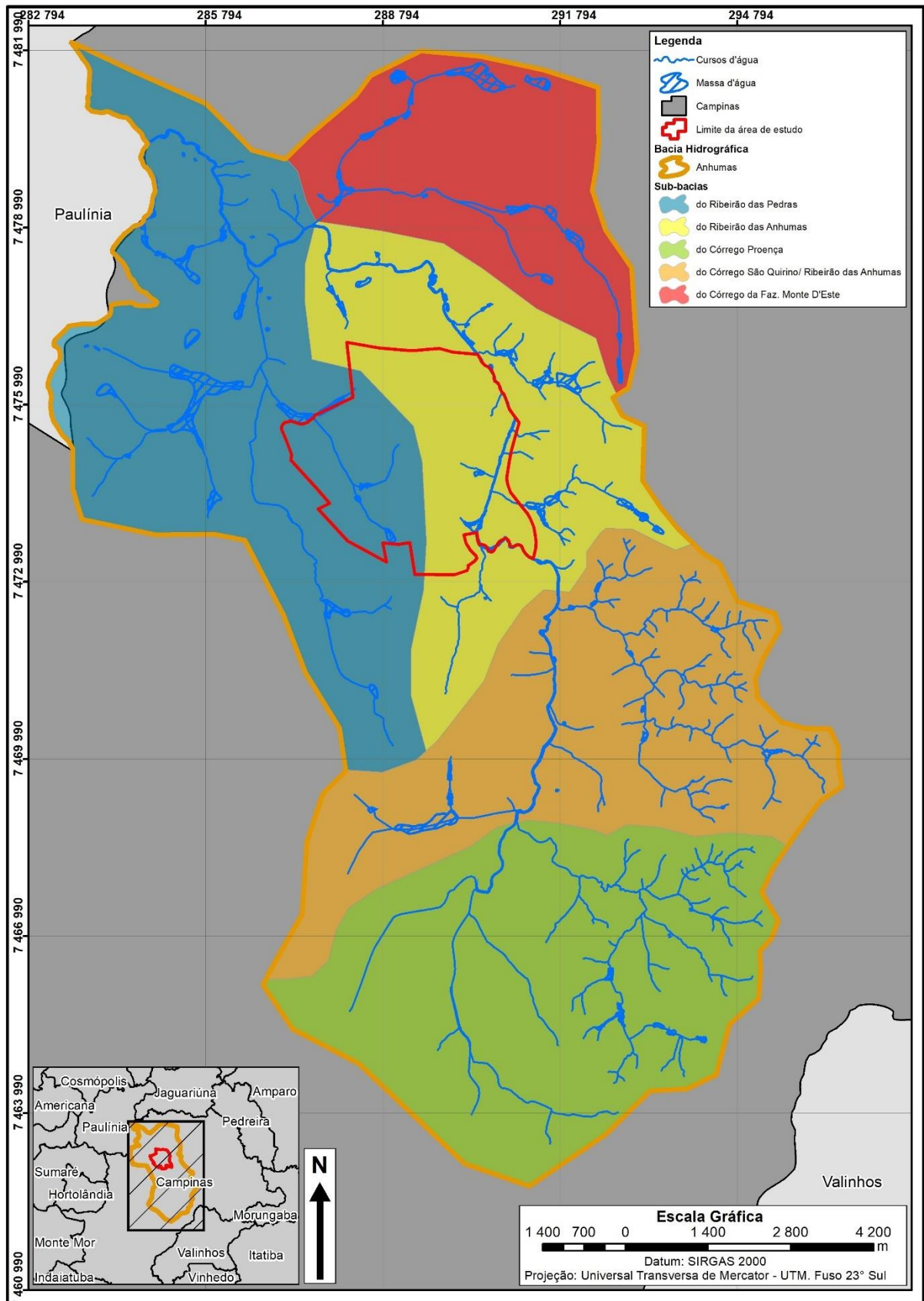


Figura 2.2.1.1-1. Localização das bacias e sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

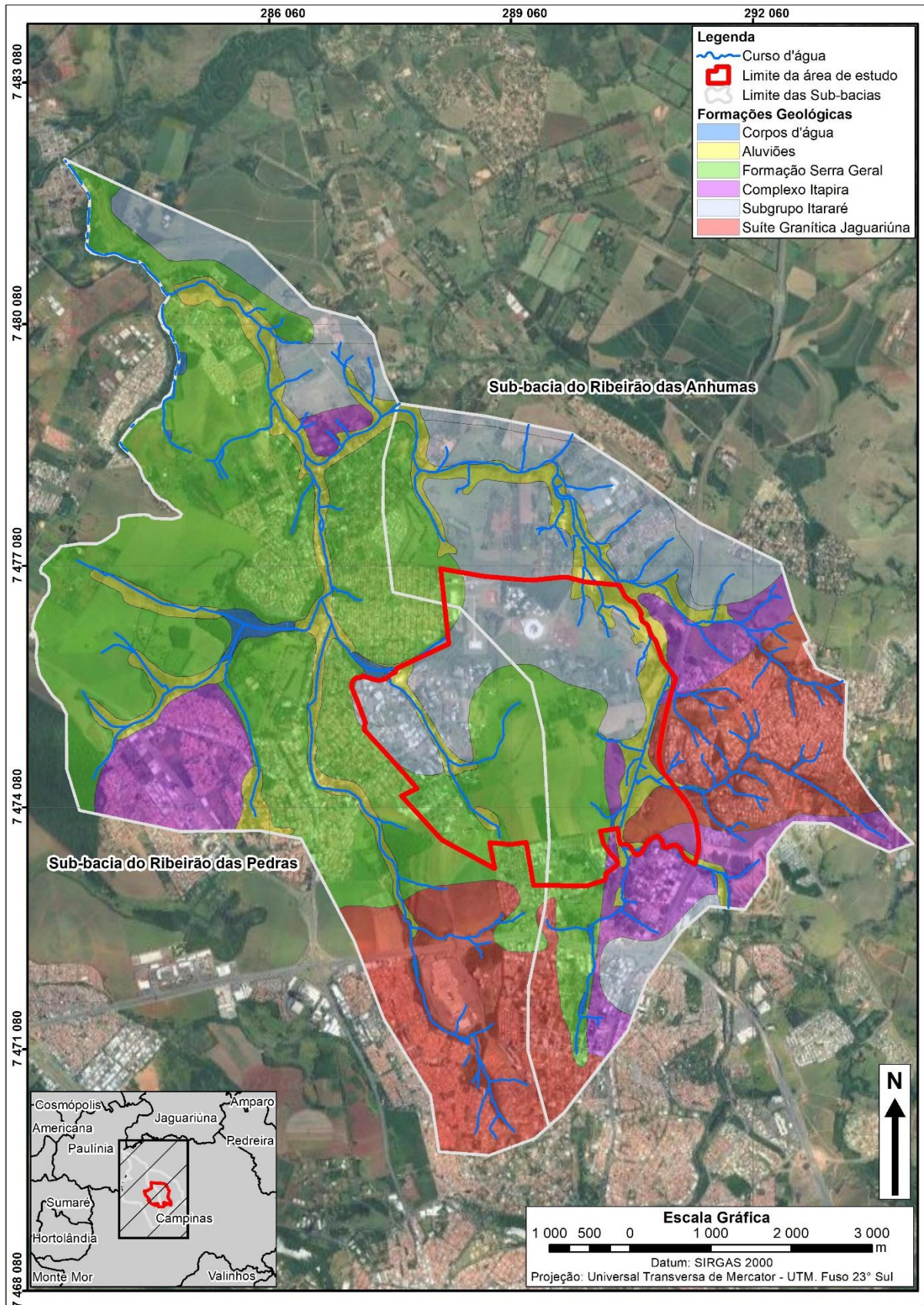


Figura 2.2.1.2-1. Mapa geológico das sub-bacias que compreendem a área de estudo (Fonte: REGEA, 2022).



De modo geral, estas rochas Pré-Cambrianas presentes na área de estudo (Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira) são mais resistentes ao intemperismo devido ao seu caráter ácido, promovendo horizontes de solos residuais rasos, pedregosos, pouco resistentes à erosão e com média permeabilidade. Do ponto de vista geotécnico, observa-se a ocorrência frequente de matações de dimensões decimétricas à métricas em meio ao solo residual, que podem causar recalques diferenciais em fundações profundas.

Por fim, nas adjacências dos cursos d'água predominam Aluviões (Qa), oriundos do Quaternário. Estes aluviões são compostos por sedimentos argilosos a arenosos, com horizontes de profundidade variável e de compactidade variável, podendo apresentar presença de seixos e blocos transportados. De maneira geral, são terrenos pouco resistentes aos processos erosivos, com permeabilidade maior nos trechos de predomínio arenoso, e menor nos trechos de predomínio argiloso. Nos trechos mais proximais aos cursos hídricos, apresentam nível d'água raso, com profundidades inferiores a 1,00 m.

2.2.1.3 Geomorfologia

No que se refere ao contexto geomorfológico na região que engloba as duas sub-bacias existentes em nossa área de estudo são identificados 2 domínios: Domínio de Colinas Amplas e Suaves e Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos. A seguir, são descritas as classes presentes na região CPRM (2010):

- **Colinas Amplas e Suaves:** Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas. Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão) reduzindo o potencial de exploração de rochas, mas aumentando o potencial para exploração de argila para uso em aterros e olarias. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvio nas baixas vertentes. Amplitude de relevo variando de 20 a 50 metros e inclinação das vertentes de 3° a 10°. De modo geral, em função da topográfica suavizada, esse domínio constitui áreas mais favoráveis à expansão urbana.
- **Colinas Dissecadas e Morros Baixos:** Relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com moderada suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes. Amplitude de relevo de 30 a 80 metros e inclinação das vertentes de 5° a 20°. Observa-se que as áreas mais favoráveis à expansão urbana nesse domínio estão associadas aos topos de morros e trechos de encostas menos declivosos.

O mapa com a distribuição dos domínios geomorfológicos está ilustrado na **Figura 2.2.1.3-1**, e apresentado na **Figura 03** do **Anexo C**.

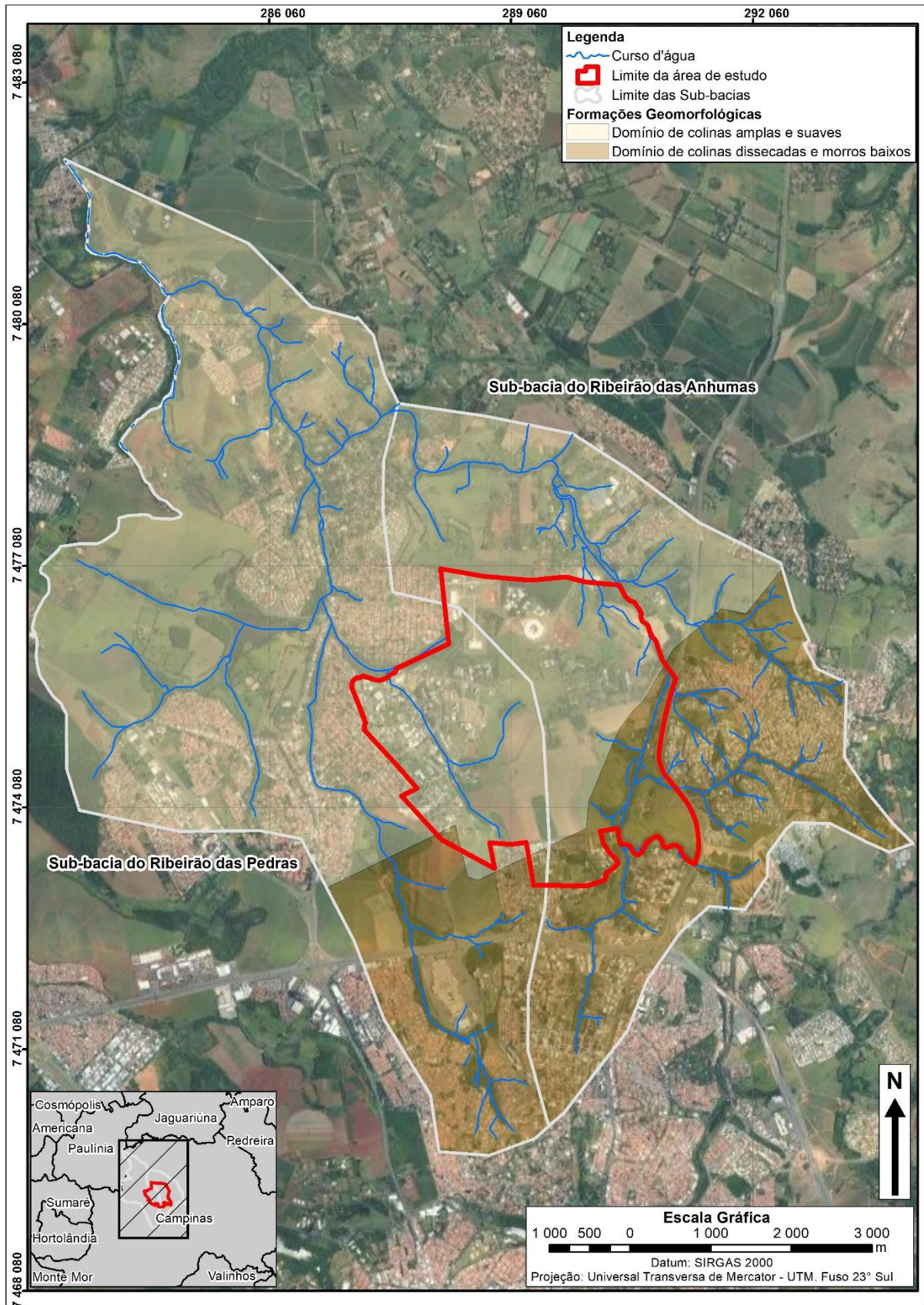


Figura 2.2.1.3-1. Mapa com a distribuição dos domínios geomorfológicos que ocorrem nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).



2.2.1.4 Pedologia

O contexto pedológico na região que compreende as duas sub-bacias que contêm a área de estudo é definido pela ocorrência de Argissolo, Cambissolo, Latossolo e Nitossolo, bem como associações entre eles, identificados através de Embrapa (2008), na escala 1:50.000.

Nas porções mais periféricas da região são identificados Argissolos que variam entre vermelho, amarelo e vermelho-amarelo. De modo geral, consistem em solos com acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo, podendo ser alíticos (altos teores de alumínio), distróficos (baixa saturação de bases) ou eutróficos (alta saturação de bases), sendo normalmente ácidos (Embrapa, 2006). A seguir são apresentadas em detalhes, as unidades pedológicas encontradas na área das sub-bacias que abrangem a área de estudo, descritas de acordo com a classificação dos mapas e do portal da Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec):

- **Argissolos Amarelos (PA):** essa classe apresenta cores amareladas, possui textura média e arenosa, ocorre em áreas de relevo ondulado e possuem pouca profundidade;
- **Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA):** ocorre em áreas de relevos mais acidentados e dissecados do que os relevos nas áreas de ocorrência dos Latossolos;
- **Argissolos Vermelhos (PV):** essa classe apresenta cores vermelhas acentuadas devido à presença de teores mais altos de óxidos de ferros, ocorre geralmente em áreas de relevo ondulado.

Na porção central da região predominam Latossolos Vermelho-Amarelos e Vermelho. Segundo Embrapa (2006), Latossolos são definidos pela por características gerais como: presença de argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases. A seguir são apresentadas em detalhes, as unidades pedológicas encontradas na área das sub-bacias que abrangem a área de estudo, descritas de acordo com a classificação dos mapas e do portal da Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec):

- **Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA):** essa classe está associada aos relevos, plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade;
- **Latossolos Vermelhos (LV):** essa classe apresenta cores vermelhas acentuadas, devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados.

Além disso, com menor frequência, são reconhecidos Nitossolos Vermelhos e na porção sul. Baseando-se em Embrapa (2006), Nitossolos originam-se de rochas básicas e são definidos pela presença de horizonte diagnóstico subsuperficial B nítico em sequência a qualquer tipo de horizonte A, caracterizados por baixa atividade da argila, podendo apresentar caráter alítico imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B. Estes Nitossolos Vermelhos, de acordo com a classificação dos mapas e do portal da Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec), possuem cores vermelhas e vermelho-escuras devido aos teores mais elevados de ferro, possuem textura argilosa a muito argilosa, são associadas a relevos acidentados.

Por fim, para os Cambissolos Háplicos, Embrapa (2006) caracteriza-os por não apresentarem horizonte superficial A Húmico, sendo recorrentes em relevos montanhosos ou fortemente ondulados. O mapa com o contexto pedológico está ilustrado na **Figura 2.2.1.4-1**, e apresentado na **Figura 04 do Anexo C**.

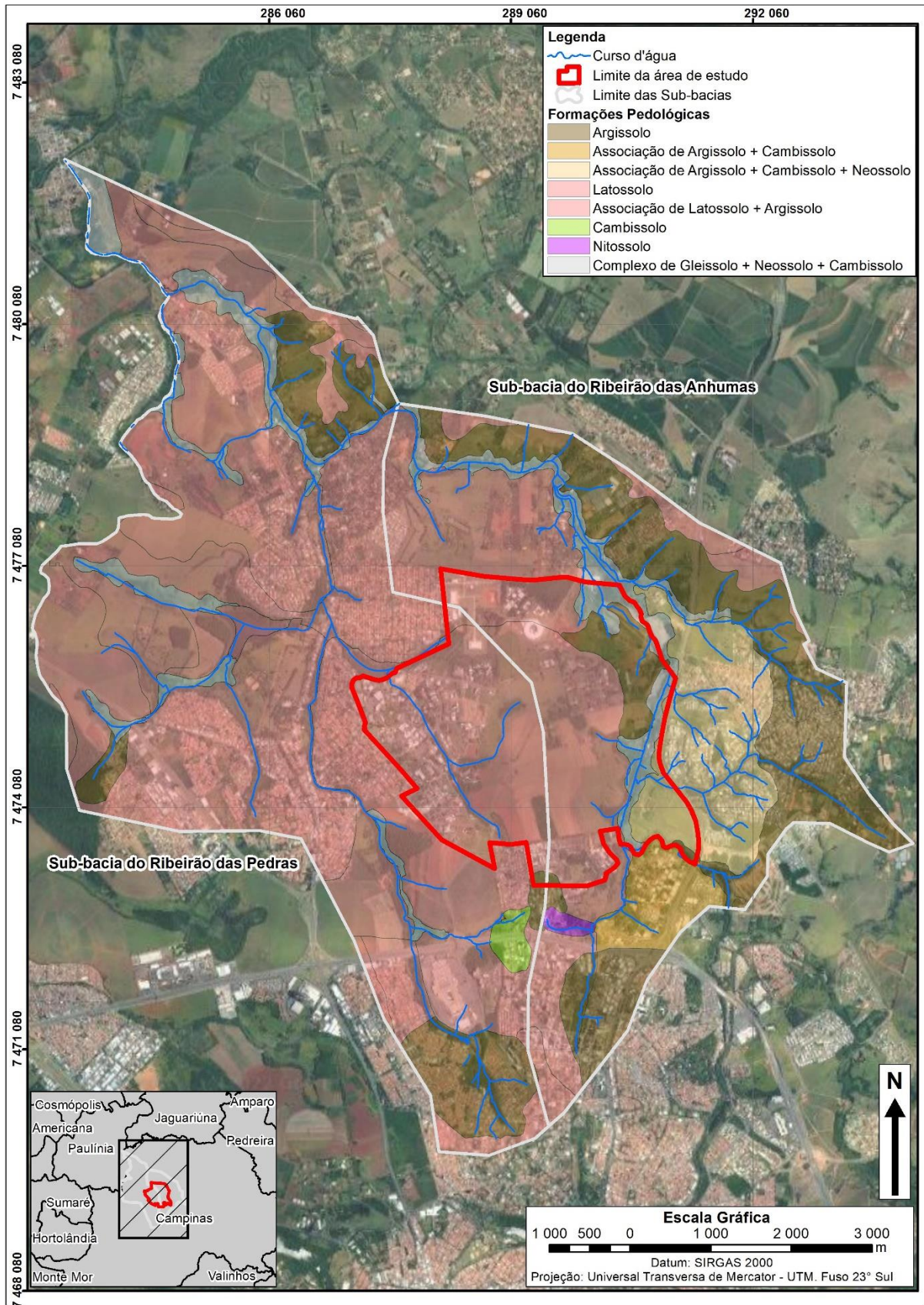


Figura 2.2.1.4-1. Mapa com o contexto pedológico que ocorrem das sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).



2.2.1.5 Análise morfométrica do relevo

Para subsidiar a elaboração da carta de suscetibilidade a desastres naturais e das cartas geotécnicas de aptidão, que serão elaboradas em escala de detalhe, é necessária a realização de análises morfométricas do relevo, observando aspectos como a declividade e a inclinação das encostas, curvatura horizontal e vertical do terreno, amplitude do relevo, circularidade da sub-bacia hidrográfica, etc.

Os dados tratados até o momento foram obtidos a partir do Modelos Digitais de Terreno (MDT) do município de Campinas, elaborados pela CPRM (CPRM, 2015b), com resolução de 5 m, que tiveram sua análise restrita ao perímetro das duas sub-bacias que compreendem a área de estudo.

Para as análises que serviram como base para a elaboração da carta de suscetibilidade a desastres naturais e das cartas geotécnicas de aptidão foram elaboradas as seguintes bases apresentadas no **Anexo C**:

- Mapa de curvatura horizontal do relevo. Classificado dentro dos limites de cada UBC a partir da interpretação (formato) das curvas de nível extraídas do MDT (ilustrado na **Figura 2.2.1.5-1**, e apresentado na **Figura 05 do Anexo C**);
- Mapa de curvatura vertical do relevo. Classificado dentro do limite de cada UBC a partir da interpretação (distância) das curvas de nível extraídas do MDT (ilustrado na **Figura 2.2.1.5-2**, e apresentado na **Figura 06 do Anexo C**);
- Mapa de inclinação do relevo. Elaborado a partir de rotinas de geoprocessamento, para cada pixel do MDT é calculado um valor em graus (ilustrado na **Figura 2.2.1.5-3**, e apresentado na **Figura 07 do Anexo C**);
- Mapa de declividade do relevo. Elaborado a partir de rotinas de geoprocessamento, para cada pixel do MDT é calculado um valor em porcentagem (ilustrado na **Figura 2.2.1.5-4**, e apresentado na **Figura 08 do Anexo C**);
- Mapa de amplitude altimétrica. Elaborado a partir de rotinas de geoprocessamento, dado pela diferença entre a maior e a menor altitude presente em cada UBC, a fonte da altimetria foi o MDT (ilustrado na **Figura 2.2.1.5-5**, e apresentado na **Figura 09 do Anexo C**).

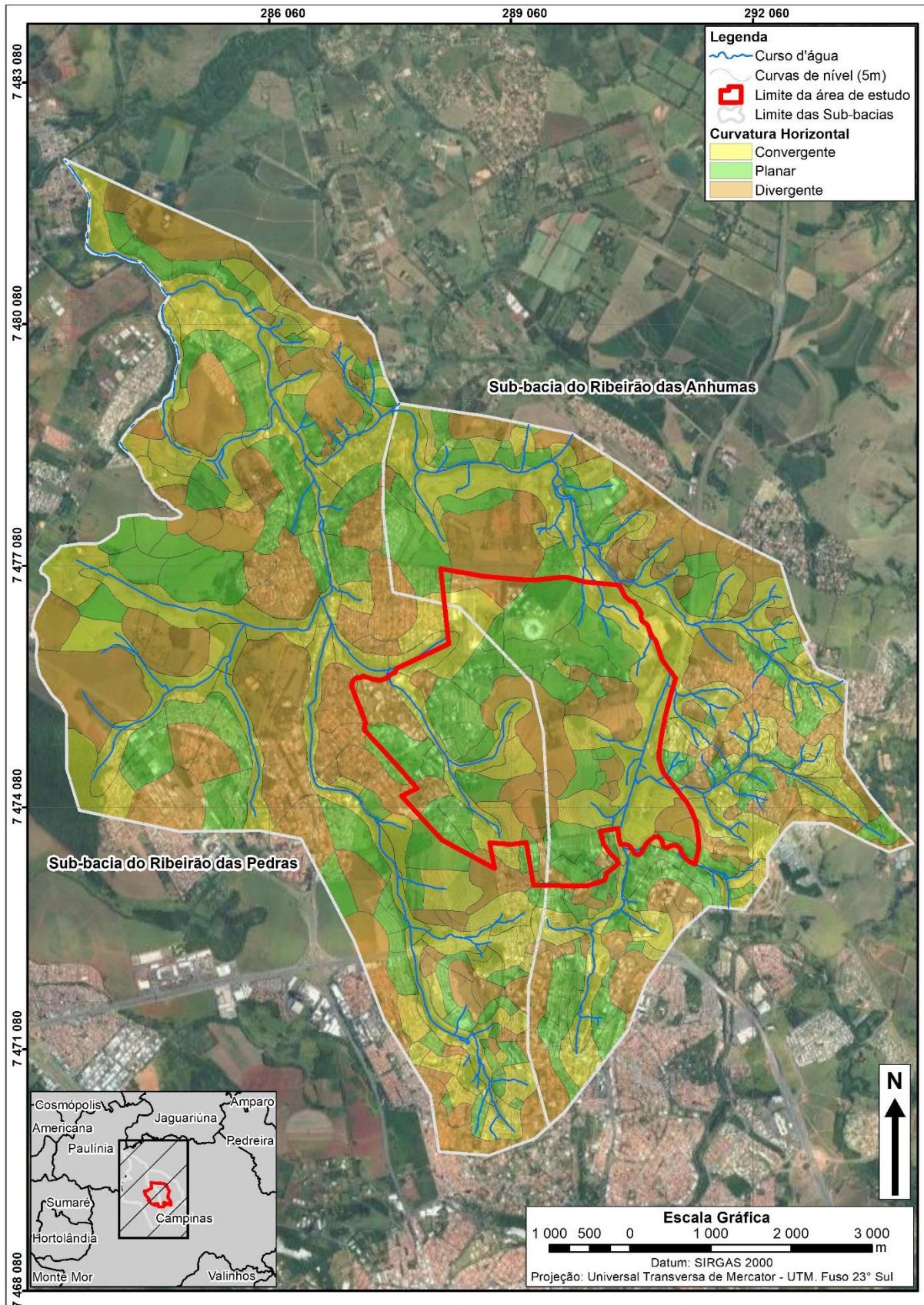


Figura 2.2.1.5-1. Mapa de curvatura horizontal do relevo das sub-bacias em que a área de estudo e se entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

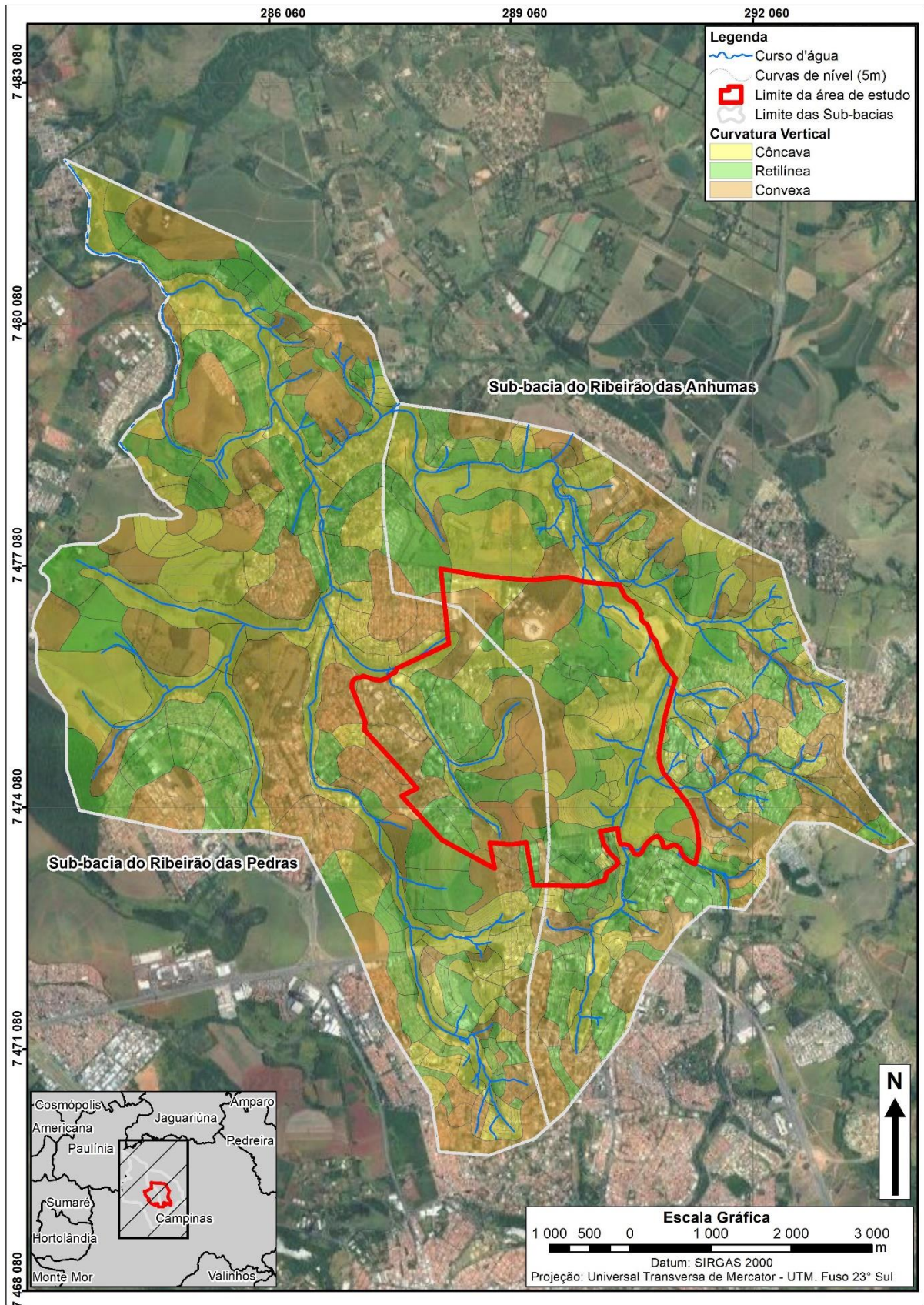


Figura 2.2.1.5-2. Mapa de curvatura vertical do relevo das sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

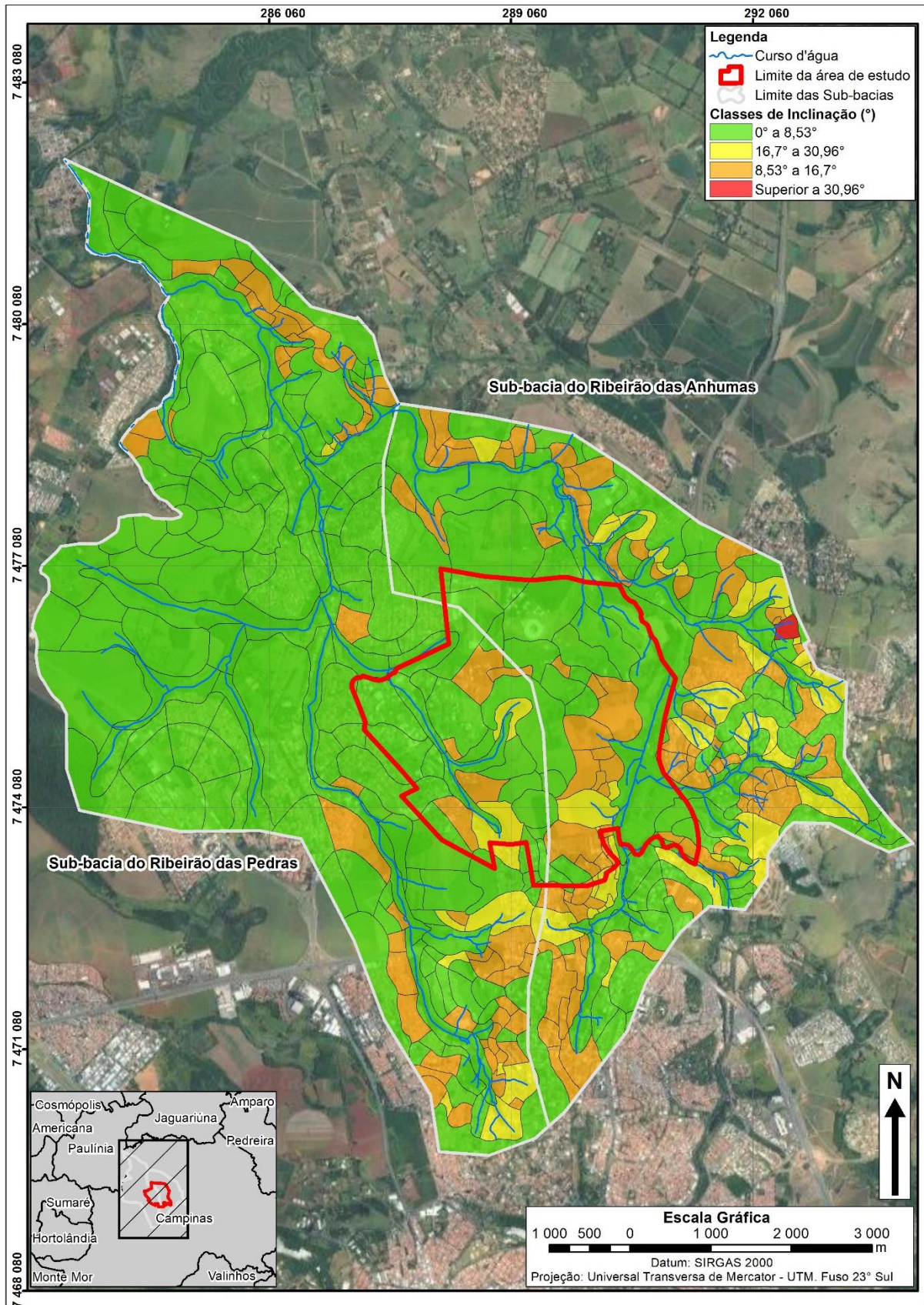


Figura 2.2.1.5-3. Mapa de inclinação do relevo das sub-bacias em que a área de estudo e se entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

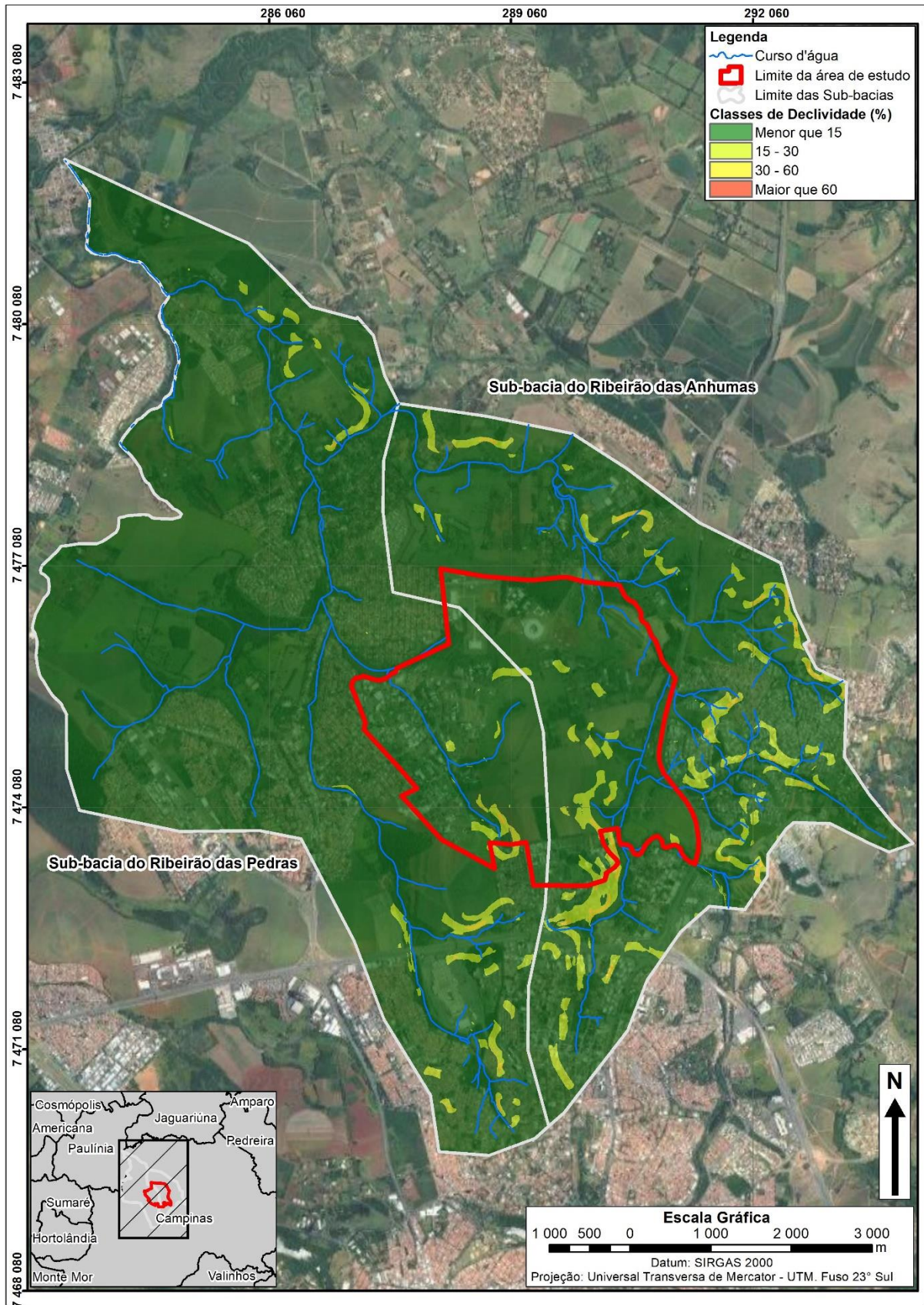


Figura 2.2.1.5-4. Mapa de declividade do relevo das sub-bacias em que a área de estudo e se entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

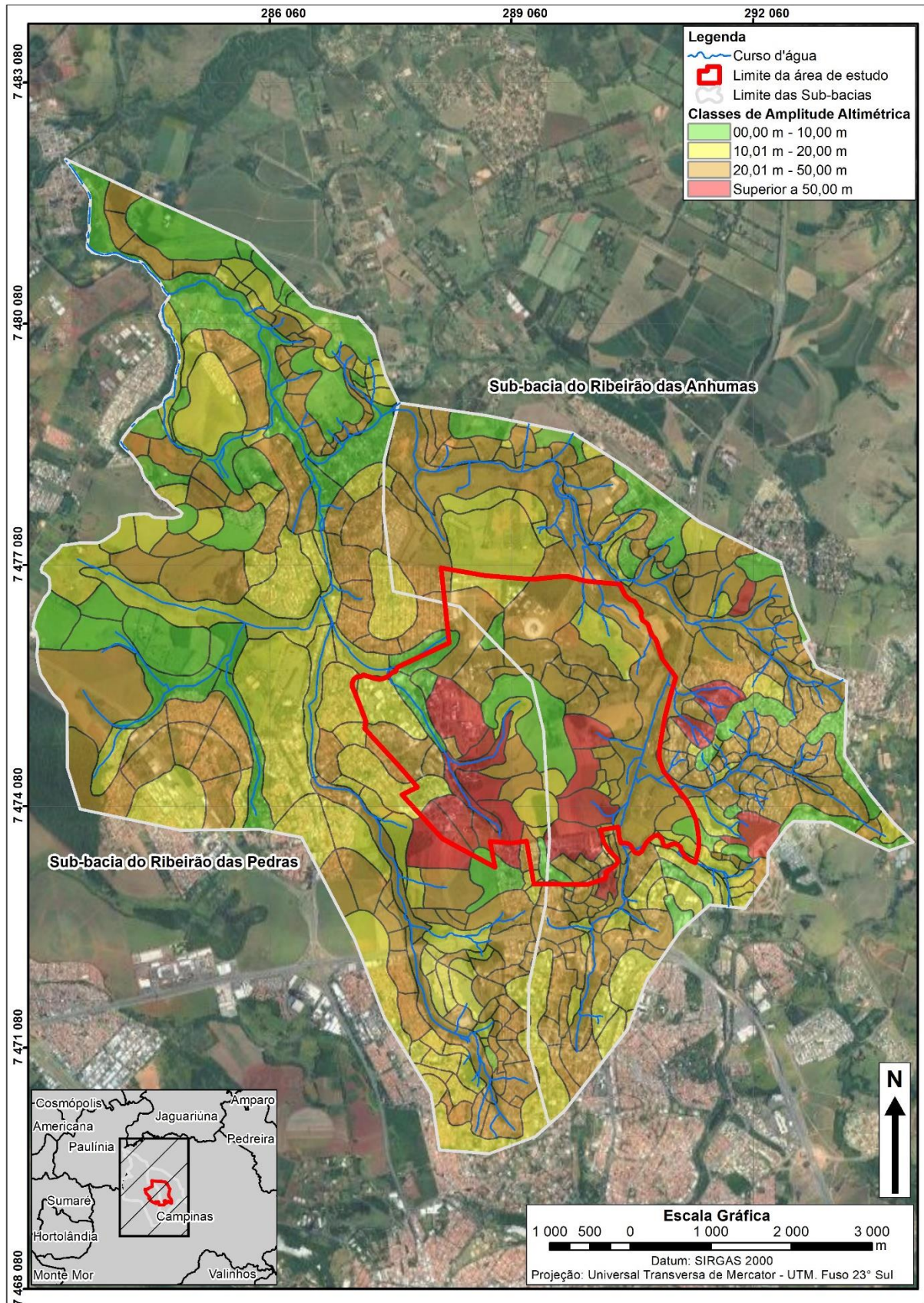


Figura 2.2.1.5-5. Mapa de amplitude altimétrica do relevo das sub-bacias em que a área de estudo e se entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).



2.2.1.6 Unidades básicas de compartimentação do meio físico

As Unidades Básicas de Compartimentação (UBC) foram definidas por Ferreira et al. (2015), que estabeleceram que estas refletem as características do substrato geológico-geomorfológico-pedológico em função dos processos endógenos e exógenos ao qual este substrato foi submetido. A este conjunto de características corresponde uma resposta geomecânica específica. Desta forma, a obtenção das UBCs é feita com base no processo de observação e análise de imagens orbitais para interpretação e identificação de elementos texturais de relevo, traçando-se os limites segundo a homogeneidade, anisotropia e assimetria dos elementos, quebras de relevo, rupturas de declividade etc.

O processo de interpretação visual das imagens é executado com o apoio de curvas de nível derivadas a partir de MDE e MDT, e de recursos morfométricos como relevo sombreado. As características texturais, tais como densidade, padrão ou arranjo espacial, tropia e forma, descritos em Vedovello (2000), Tominaga et al. (2004, 2008), Oliveira et al. (2007), Cardoso et al. (2009), Fernandes da Silva et al. (2010), Ferreira & Rossini-Penteado (2011), Ferreira et al. (2013), são ainda combinadas com fatores derivados de fontes externas de dados e informações, incluindo variação altimétrica, geomorfologia, e substrato geológico e pedológico.

Nesse sentido, a delimitação das unidades básicas de compartimentação (UBCs) corresponde a setores do terreno com características fisiográficas semelhantes, que apresentem a maior homogeneidade possível, considerando-se a escala desejada, em função das características texturais observáveis em produtos de sensoriamento remoto corroboradas por observações de campo. No presente trabalho, entende-se que as UBCs elaboradas com a utilização de produtos de sensoriamento remoto com resolução de 5 m são, portanto, a unidade de análise mais adequada à compartimentação do relevo na escala de detalhe necessária para a carta de suscetibilidade a desastres naturais e para as cartas geotécnicas de aptidão.

A metodologia para a compartimentação do terreno prevê, ainda, que as divisões fisiográficas sejam classificadas em diferentes níveis hierárquicos a partir dos compartimentos fisiográficos em nível regional que são, em seguida, subdivididos em níveis hierárquicos de maior detalhe, relacionados a seguir.

- **Nível 1 – Unidades morfoestruturais** – O primeiro nível hierárquico de compartimentação define os limites das unidades morfoestruturais, as quais correspondem às macroestruturas regionais como bacias e depósitos sedimentares de diferentes idades de deposição e os terrenos sustentados por rochas proterozoicas, além das coberturas sedimentares inconsolidadas do Pleistoceno e Quaternário;
- **Nível 2 – Unidades morfoesculturais** – Para o segundo nível de compartimentação fisiográfica, as grandes unidades morfoestruturais descritas anteriormente são subdivididas em unidades morfoesculturais, que correspondem às morfologias do relevo mais marcantes, como as regiões de planaltos, escarpas e planícies, exemplificadas como as diferentes planícies, depósitos, planaltos, morros e serras que constituem as unidades do Nível 1. Dentre os critérios de separação para este nível, deve-se atentar à individualização das planícies de inundação em função de seu principal curso hídrico distinguindo, desta forma, todas as planícies de afluentes mapeáveis na escala de detalhe do projeto devem ser separadas;
- **Nível 3 – Designação geográfica local** – Neste nível, a compartimentação é feita segundo as formas de relevo de maior detalhe, como colinas, morros, morrotes, terraços etc., que deverão ser estabelecidas de acordo com as características oriundas da localização espacial da unidade, respeitando as definições dos níveis 1 e 2. Para a área de estudo e para as sub-bacias que a compreendem, os limites foram orientados e adaptados segundo o Mapa Geomorfológico da CPRM (2010, 2015a);



- **Nível 4 – Denominação da UBC** – O último nível das delimitações das UBCs, Nível 4, se baseia na comparação textural de setores menores, quanto aos tipos de elemento textural, densidade dos elementos, arranjo e o grau de organização espacial destes. Essas propriedades texturais são brevemente descritas quanto a: i) Elemento de textura corresponde à menor superfície uniforme e contínua, capaz de ser identificada na imagem, e está associado a feições de drenagem e de relevo, em especial feições lineares, segmentos de rios, cristas e mudanças significativas de declividade; ii) Densidade de textura, definidos pela quantidade de elementos texturais numa determinada área; iii) Arranjo Textural trata-se da forma pela qual os elementos texturais ocorrem e são espacialmente distribuídos na imagem; e iv) Grau de organização espacial ou de estruturação, avaliando-se a organização espacial dos elementos texturais.

A área que abrange as duas sub-bacias existentes na área de estudo é composta por UBCs que foram definidas como: cabeceiras, talvegues, fundo de vales, vertentes e topos de morro. O mapa com a distribuição das UBCs está ilustrado na **Figura 2.2.1.6-1**, e apresentado na **Figura 10** do **Anexo C**.

2.2.1.7 Áreas de risco

As informações obtidas acerca das áreas de risco foram elaboradas por CPRM (2013), em escala de detalhe, utilizando a metodologia para elaboração de mapas de áreas de risco detalhada em BRASIL (2007).

De modo geral, no interior da área de estudo são identificadas apenas áreas de Risco Alto (R3) referentes a processos de inundação, associadas ao Ribeirão das Anhumas, Ribeirão das Pedras, bem como seus respectivos afluentes.

Da mesma forma, o perímetro que as duas sub-bacias estão situadas caracteriza-se unicamente pela existência de áreas de risco referentes a processos de inundação com Risco Alto (R3). Tais áreas de risco para inundação se estendem até as adjacências da porção norte do polígono, contudo, nessa região estão associadas ao Rio Atibaia.

Na porção sudoeste das adjacências do polígono referente as duas sub-bacias, consta uma área Risco Alto (R3) correspondente a processos de enchente / solapamento, associados ao Córrego da Lagoa e Ribeirão do Quilombo. Além disso, nas proximidades do limite sul das sub-bacias também consta uma área de Risco Alto (R3) para processos de enchente / solapamento, associado ao Córrego Flamboyant.

Por fim, próxima à área de risco citada anteriormente, pode-se notar a existência de uma área de Risco Alto (R3) para processos de deslizamento.

O mapa com a distribuição das áreas de risco existentes no interior da área de estudo, bem como em suas adjacências, está ilustrado na **Figura 2.2.1.7-1**, e apresentado na **Figura 11** do **Anexo C**.

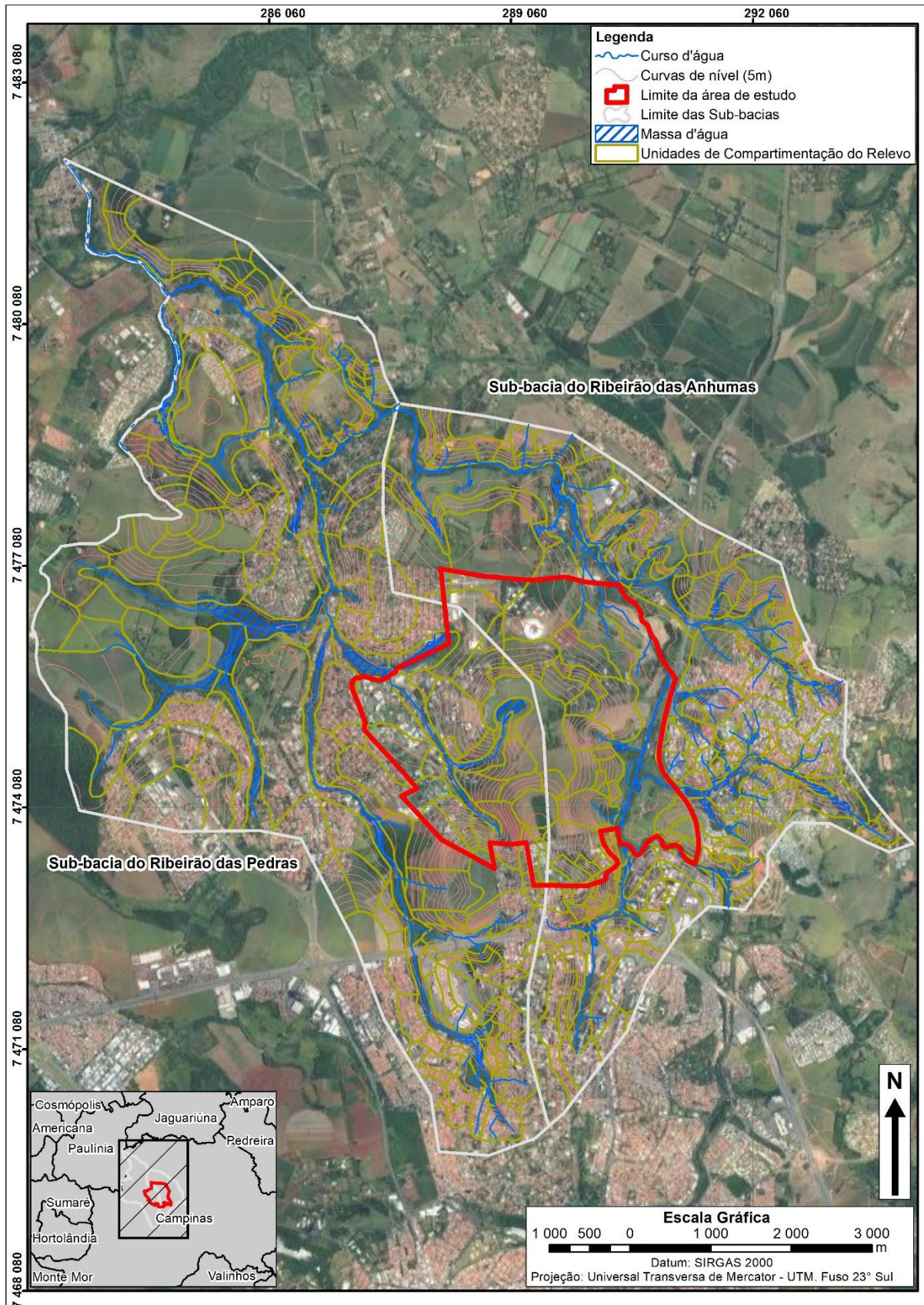


Figura 2.2.1.6-1. Mapa com a distribuição das UBCs nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

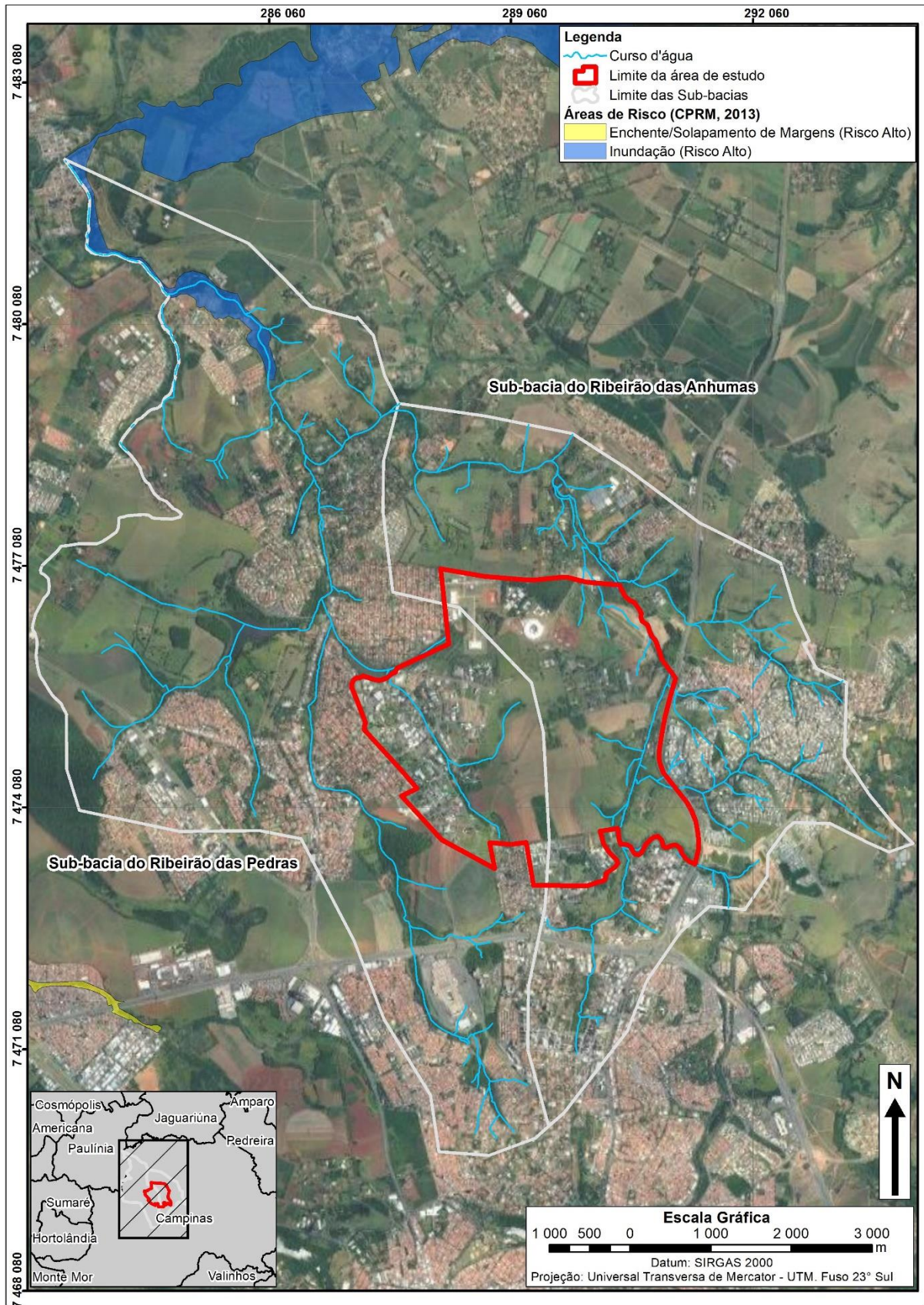


Figura 2.2.1.7-1. Mapa com a distribuição das áreas de risco existentes no interior da área de estudo, bem como em suas adjacências (Fonte: REGEA, 2022).



2.2.2 MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso e ocupação do solo foi delimitado de acordo com a abordagem metodológica de delimitação de UHCT – Unidade Homogênea de Uso e Cobertura da Terra e do Padrão da Ocupação, definida em Rossini-Penteado et al. (2007) e em Ferreira & Rossini-Penteado (2011).

Esta metodologia define as UHCTs como as menores unidades geográficas de análise do uso e cobertura da terra e do padrão de ocupação urbana e não-urbana na escala analisada, sendo resultantes da associação ou combinação de diferentes elementos da paisagem que definem padrões espaciais específicos. Visando o incremento dos elementos de análise do imageamento fornecido, foram analisados também mapas de relevo sombreados obtidos a partir de modelos digitais de elevação (MDE), de resoluções compatíveis.

A abordagem metodológica baseada em UHCT prevê, ainda, a setorização ou parcelamento do território em áreas com características semelhantes quanto a determinados aspectos físicos intrínsecos da ocupação e que se expressam na forma e textura da imagem (Kurkdjian 1986, Manso et al. 1978). O critério básico para a delimitação das unidades homogêneas é a textura que resulta, segundo Dolfus (1975, apud Kurkdjian 1986), “da repetição de um certo número de formas, de um jogo de combinações que se reproduzem de maneira semelhante, mas não perfeitamente idêntica, numa superfície”. De maneira complementar, foram utilizados os parâmetros de fotointerpretação definidos por CROSTA (1992): a) Tonalidade; b) Textura; c) Sombreamento; d) Forma; e) Padrão; f) Tamanho; e g) Localização.

As delimitações e classificações, baseadas na interpretação visual das imagens orbitais definidas para o projeto, com resoluções compatíveis à escala 1:5.000, seguiram a classificação dos níveis hierárquicos das UHCTs apresentados na **Tabela 2.2.2-1**. Os atributos provenientes da caracterização das classes de cobertura da terra e das classes de tipologia e padrão da ocupação urbana e não-urbana foram associados aos elementos gráficos (polígonos), compondo, assim, as tabelas de atributos do sistema de classificação das UHCT na escala 1:5.000.

Os níveis hierárquicos previstos na metodologia são esclarecidos a seguir:

- **Nível 1 – Classe de uso da terra** – este nível refere-se ao maior grau de generalização da informação. Esses grandes níveis compõem a primeira compartimentação do território, os quais serão posteriormente detalhados conforme seu uso. São identificados e traçados com base em grandes porções territoriais que apresentam cores e texturas semelhantes das imagens, definindo padrões espaciais específicos, sendo subdivididos em cinco grandes grupos: i) áreas de uso antrópico agrícola; ii) uso antrópico não agrícola; iii) áreas recobertas por superfícies naturais/seminaturais; iv) áreas descobertas de espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação; e v) água;
- **Nível 2 – Subclasse de uso da terra** – nesse segundo nível, cada classe de cobertura da terra identificada no Nível 1 é subdividida por meio de seu detalhamento em subclasses de cobertura. Sendo assim, cada subclasse definida no Nível 2 integra uma noção de funcionalidade dos objetos que a compõem, são elas: i) Área urbanizada ou edificada; ii) Área agrossilvopastoril; iii) Formação florestal (não inclui reflorestamento); iv) Área Úmida (inclui vegetação Herbácea ou Arbóreo-arbustiva); v) Solo exposto; vi) Afloramento rochoso; e vii) Água continental;
- **Nível 3 – Tipologia de uso da terra** – nesse terceiro nível as subclasses de cobertura, apontadas no Nível 2 são subdivididas e classificadas quanto à tipologia de uso, expressando a função ou atividade a que se destina. Para tanto, são identificadas e delimitadas unidades homogêneas, com base na interpretação visual de elementos texturais e tonais das imagens orbitais, considerando as principais tipologias de uso da terra, respeitando-se as atribuições definidas nos Níveis 1 e 2. Por exemplo, Área de Loteamento em Implantação (Nível 3),



inserido no contexto de Subclasse de Cobertura Área Urbanizada ou Edificada (Nível 2), que por sua vez pertence à Classe de Cobertura Superfícies Antrópicas Não Agrícolas (Nível 1);

- **Nível 4 – Tipo e padrão da ocupação** – este nível compreende o detalhamento das características do uso do solo, incluindo classes relacionadas à tipologia e ao padrão da ocupação de áreas urbanas e não urbanas. Este quarto nível de maior detalhe requer recursos de interpretação visual das imagens. Nos locais onde ocorreram dúvidas de interpretação, realizou-se conferência no Street View, Google Maps e imagens históricas do Google Earth.

O mapa com a distribuição das UHCT na área de estudo, bem como em suas adjacências, está ilustrado na **Figura 2.2.2-1**, e apresentado na **Figura 12** do **Anexo C**.

2.2.3 BASES PARA A CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

A caracterização hidrogeológica foi construída pela análise dos dados disponíveis, oriundos das bases levantadas pela REGEA ou fornecidas pelo Contratante, buscando definir os aspectos regionais e locais dos aquíferos existentes nas sub-bacias que compreendem a área de estudo.

Desta forma, a caracterização hidrogeológica foi realizada a partir das bases de dados e mapas relacionados nas **Tabelas 2.2.3-1** e **2.2.3-2** e cujas tabelas com o conjunto de dados utilizados para a caracterização hidrogeológica estão apresentadas no **Anexo A**.

2.2.3.1 Inventário e mapa de localização dos poços nas sub-bacias

A aquisição de dados de poços em diferentes bases de dados resultou em um total de 336 dados, sendo 126 poços da base de dados SIAGAS, 77 poços da base de dados do DAEE e 133 poços da base de dados da ANA, dos quais apenas 38 poços apresentaram dados que possibilitaram uma análise mais detalhada (**Figura 2.2.3.1-1**), sendo: Nível estático (NE), Nível dinâmico (ND), vazão após estabilização (Q), capacidade específica (Q/s), profundidade, e perfil litológico de perfuração. Os demais poços não apresentavam dados suficientes para utilização na análise e, portanto, para evitar a incorporação e informações de baixa confiabilidade à análise, tais dados foram desconsiderados nesta análise.



Tabela 2.2.2-1. Níveis hierárquicos de classificação das UHCT.

NÍVEL 1 (classe de cobertura da terra)	NÍVEL 2 (subclasse de cobertura da terra)	NÍVEL 3 (tipologia de uso)	NÍVEL 4 (Tipo e Padrão da ocupação)																												
1. Superfícies Antrópicas Não Agrícolas	1.1. Área Urbana ou Edificada	1.1.1. R/C/S (Residencial/ Comercial/ Serviços)	<p>i) Padrão da edificação: i.1. Edificações verticais (> 3 pavimentos = prédio) i.2. Edificações horizontais (< = 3 pavimentos = casa)</p> <p>ii) Densidade de ocupação: ii.1. Muito alta (edificações verticalizadas ou lotes de até 150 m²) ii.2. Alta (lotes de 151 m² a 250 m²) ii.3. Média (lotes de 251 m² a 450 m²) ii.4. Baixa (lotes > 450 m²) ii.5. Muito baixa (chácaras, sítios e ocupações esparsas)</p> <p>iii) Estágio da ocupação: iii.1. Consolidado (mais de 80 % de lotes edificados) iii.2. Em consolidação (de 30 % a 80 % de lotes edificados) iii.3. Rarefeito (menos de 30 % de lotes edificados)</p> <p>iv) Ordenamento urbano para R/C/S: *considerar árvores em quintais, no sistema viário e em lotes vazios. Não considerar gramas</p> <table border="1" data-bbox="834 757 1442 1003"> <thead> <tr> <th>Classes</th> <th>Traçado do sistema viário</th> <th>Existência de pavimentação</th> <th>Arborização urbana (*)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>iv.1. Muito alto</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>iv.2. Alto</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>iv.3. Médio</td> <td>Sim</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>iv.4. Médio</td> <td>Sim</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>iv.5. Baixo</td> <td>Não</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>iv.6. Muito baixo</td> <td>Não</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> </tbody> </table>	Classes	Traçado do sistema viário	Existência de pavimentação	Arborização urbana (*)	iv.1. Muito alto	Sim	Sim	Sim	iv.2. Alto	Sim	Sim	Não	iv.3. Médio	Sim	Não	Sim	iv.4. Médio	Sim	Não	Não	iv.5. Baixo	Não	Não	Sim	iv.6. Muito baixo	Não	Não	Não
		Classes	Traçado do sistema viário	Existência de pavimentação	Arborização urbana (*)																										
		iv.1. Muito alto	Sim	Sim	Sim																										
		iv.2. Alto	Sim	Sim	Não																										
		iv.3. Médio	Sim	Não	Sim																										
iv.4. Médio	Sim	Não	Não																												
iv.5. Baixo	Não	Não	Sim																												
iv.6. Muito baixo	Não	Não	Não																												
1.1.2. Loteamento em Implantação	<p>v) Ordenamento urbano para loteamento: **considerar também cobertura tipo gramínea entre as quadras</p> <table border="1" data-bbox="834 1081 1442 1332"> <thead> <tr> <th>Classes</th> <th>Traçado do sistema viário</th> <th>Existência de pavimentação</th> <th>Arborização urbana (**)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>v.1. Ord_Lot_1</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>v.2. Ord_Lot_2</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>v.3. Ord_Lot_3</td> <td>Sim</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>v.4. Ord_Lot_4</td> <td>Sim</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> </tbody> </table>	Classes	Traçado do sistema viário	Existência de pavimentação	Arborização urbana (**)	v.1. Ord_Lot_1	Sim	Sim	Sim	v.2. Ord_Lot_2	Sim	Sim	Não	v.3. Ord_Lot_3	Sim	Não	Sim	v.4. Ord_Lot_4	Sim	Não	Não										
Classes	Traçado do sistema viário	Existência de pavimentação	Arborização urbana (**)																												
v.1. Ord_Lot_1	Sim	Sim	Sim																												
v.2. Ord_Lot_2	Sim	Sim	Não																												
v.3. Ord_Lot_3	Sim	Não	Sim																												
v.4. Ord_Lot_4	Sim	Não	Não																												
1.1.3. Espaço Verde Urbano	<p>vi.1. Canteiro central vi.2. Praças vi.3. Parques vi.4. Faixa de servidão vi.5. Áreas verdes e espaços livres</p>																														
1.1.4. Grandes Equipamentos	<p>vii.1. Complexo industrial vii.2. Indústria e galpões isolados vii.3. Estação de tratamento de água vii.4. Estação de tratamento de esgoto vii.5. Estruturas de sistemas de transporte vii.6. Instituições de ensino vii.7. Templo religioso vii.8. Área militar vii.9. Área de lazer e desportiva (campo de futebol, golfe etc.) vii.10. Mineração (porção edificada) vii.11. Aterro sanitário vii.12. Cemitério vii.13. Estrutura de energia vii.14. Estrutura de saúde vii.15. Estação meteorológica vii.16. Galpão de comércio e serviços vii.17. Institucional vii.18. Penitenciária vii.19. Abastecimento de água vii.20. Barragem vii.21. Reservatório de retenção de enchentes</p>																														
		2.1.1. Pastagem	viii.1. Pasto sujo (arbutivo-arbóreo)																												



Tabela 2.2.2-1. Níveis hierárquicos de classificação das UHCT.

NÍVEL 1 (classe de cobertura da terra)	NÍVEL 2 (subclasse de cobertura da terra)	NÍVEL 3 (tipologia de uso)	NÍVEL 4 (Tipo e Padrão da ocupação)
2. Superfícies Antrópicas Agrícolas	2.1. Área Agrossilvopastoril		viii.2. Pasto limpo (herbáceo-arbustivo)
		2.1.2. Agricultura	ix.1. Cultura perene (arbóreo) ix.2. Cultura temporária (herbáceo-arbustivo)
		2.1.3. Silvicultura	x.1. Reflorestamento
3. Superfície Natural ou Seminatural	3.1. Formação Florestal (Não inclui reflorestamento)	3.1.1. Floresta (Porte arbóreo ou Arbóreo-arbustivo)	xi.1. Mata Atlântica xi.2. Capoeira (arbóreo-arbustivo) xi.3. Mangue (arbóreo-arbustivo)
	3.3. Área Úmida (Herbáceo ou Arbóreo-Arbustivo)	3.3.1. Área Úmida (Herbáceo ou Arbóreo-arbustivo)	xii.1. Planície alagável
4. Áreas Descobertas (espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação)	4.1. Solo Exposto	4.1.1. Solo Exposto	xiii.1. Solo exposto para agricultura xiii.2. Solo exposto para ocupação urbana xiii.3. Solo exposto por erosão xiii.4. Solo exposto por mineração
	4.2. Afloramento Rochoso	4.2.1. Afloramento Rochoso	xiv.1. Afloramento rochoso xiv.2. Afloramento rochoso por mineração
5. Água	5.1. Água Continental	5.1.1. Curso d'água	xv.1. Curso d'água
		5.1.2. Lago/ Lagoa/ Represa	xvi.1. Lago / Lagoa / Represa xvi.2. Lago / Lagoa por mineração

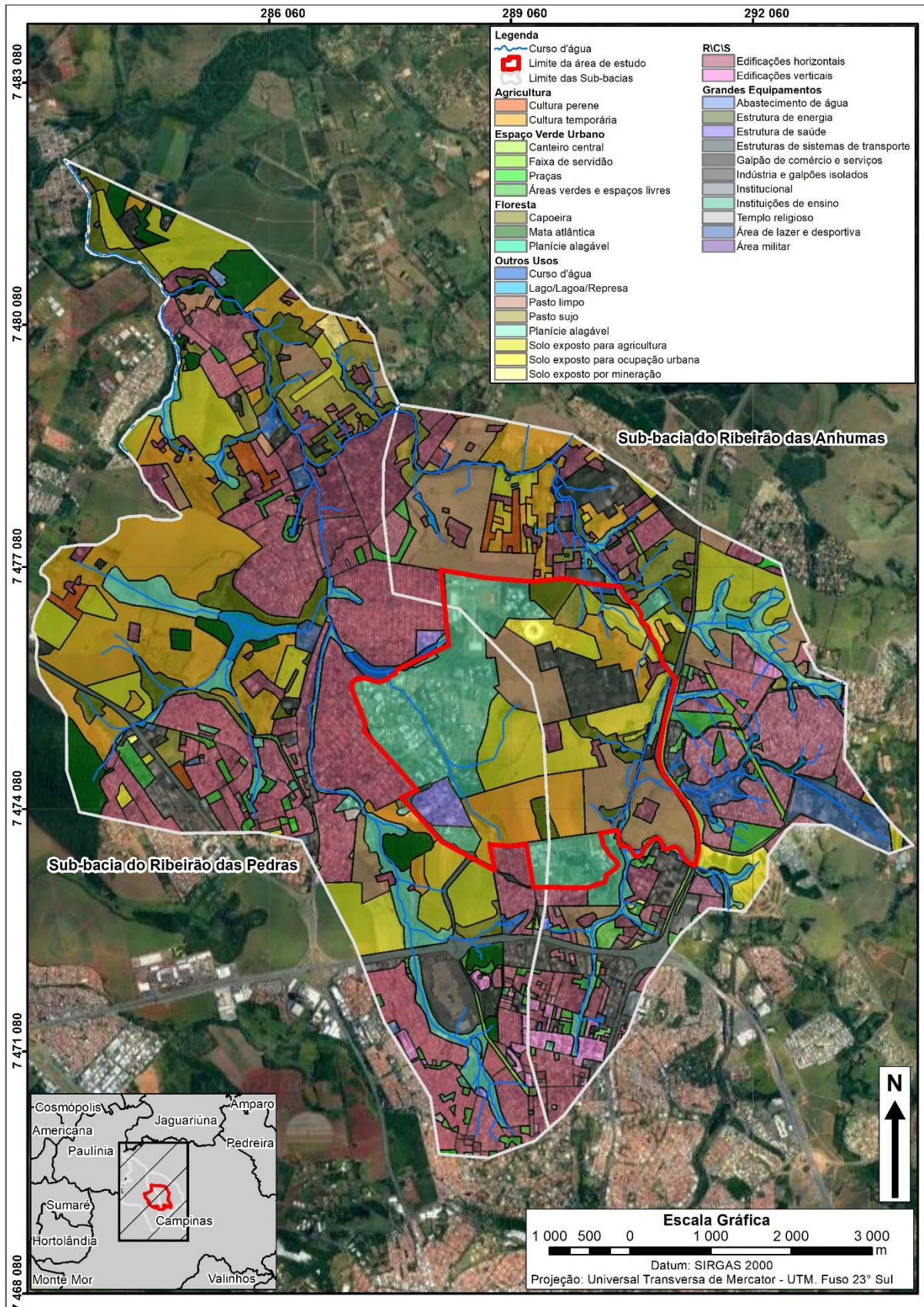


Figura 2.2.2-1. Mapa com a distribuição das UHCT nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

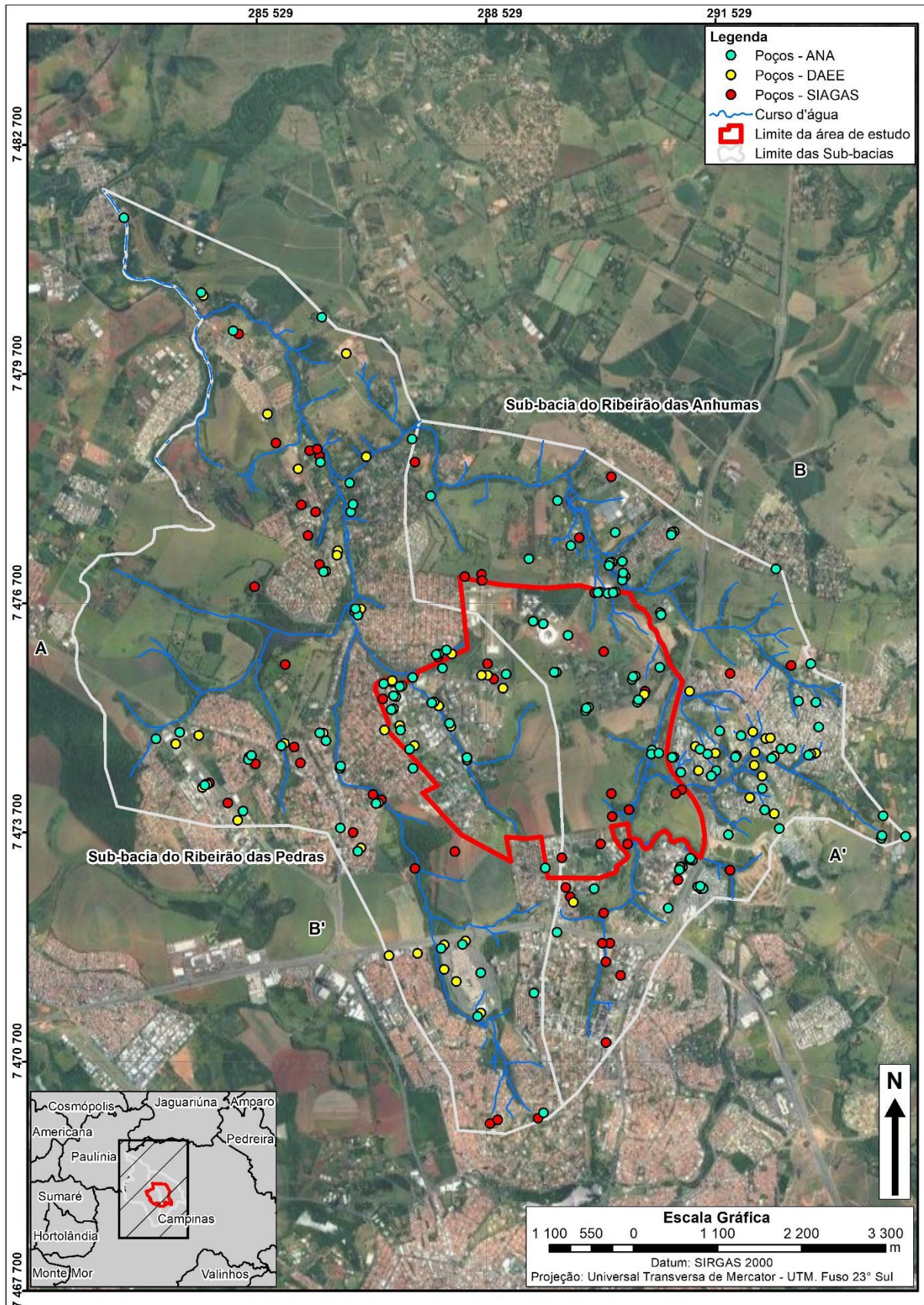


Figura 2.2.3.1-1. Localização dos poços apontados no banco de dados do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) distinguindo entre os poços utilizados nas análises em escala 1:50.000 e os poços com dados insuficientes (Fonte: REGEA, 2022).



3 CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE (APP)

Ao longo da realização dos trabalhos para a elaboração das cartas geotécnicas de aptidão ao uso, observou-se a necessidade da definição dos limites das Áreas de Proteção Permanente (APP) existentes ao longo da área de estudo. Embora o Banco de Dados Espaciais de Campinas apresente um mapa de delimitação de APPs, em escala 1:10.000, cujo trecho restrito às sub-bacias do Ribeirão das Pedras e Ribeirão Anhumas tenha sido utilizado como material preliminar para orientação dos trabalhos de campo, foram realizadas vistorias de campo e análise de mapas e fotos aéreas, em escala compatível com os produtos previstos, a fim de aumentar o detalhamento das possíveis APPs inseridas na área do HIDS, fornecendo as diretrizes preliminares para as aptidão ao uso do solo para o projeto.

Os dados dos levantamentos de campo estão apresentados no **Anexo D**, onde consta o Relatório de vistorias de campo para caracterização preliminar de APP.

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS HIDROGRÁFICOS

Regionalmente, a área de estudo está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 05 (**Figura 3.1-1**). A UGRHI 05 possui uma extensão de 14.178 km², e é constituída pelas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba (parte paulista), Capivari e Jundiaí, com exutórios independentes no Rio Tietê. Nesta Unidade de Gerenciamento está situada a RMC – Região Metropolitana de Campinas (de acordo com consulta realizada em abril de 2022 em https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6962/ugrhi_05.pdf).

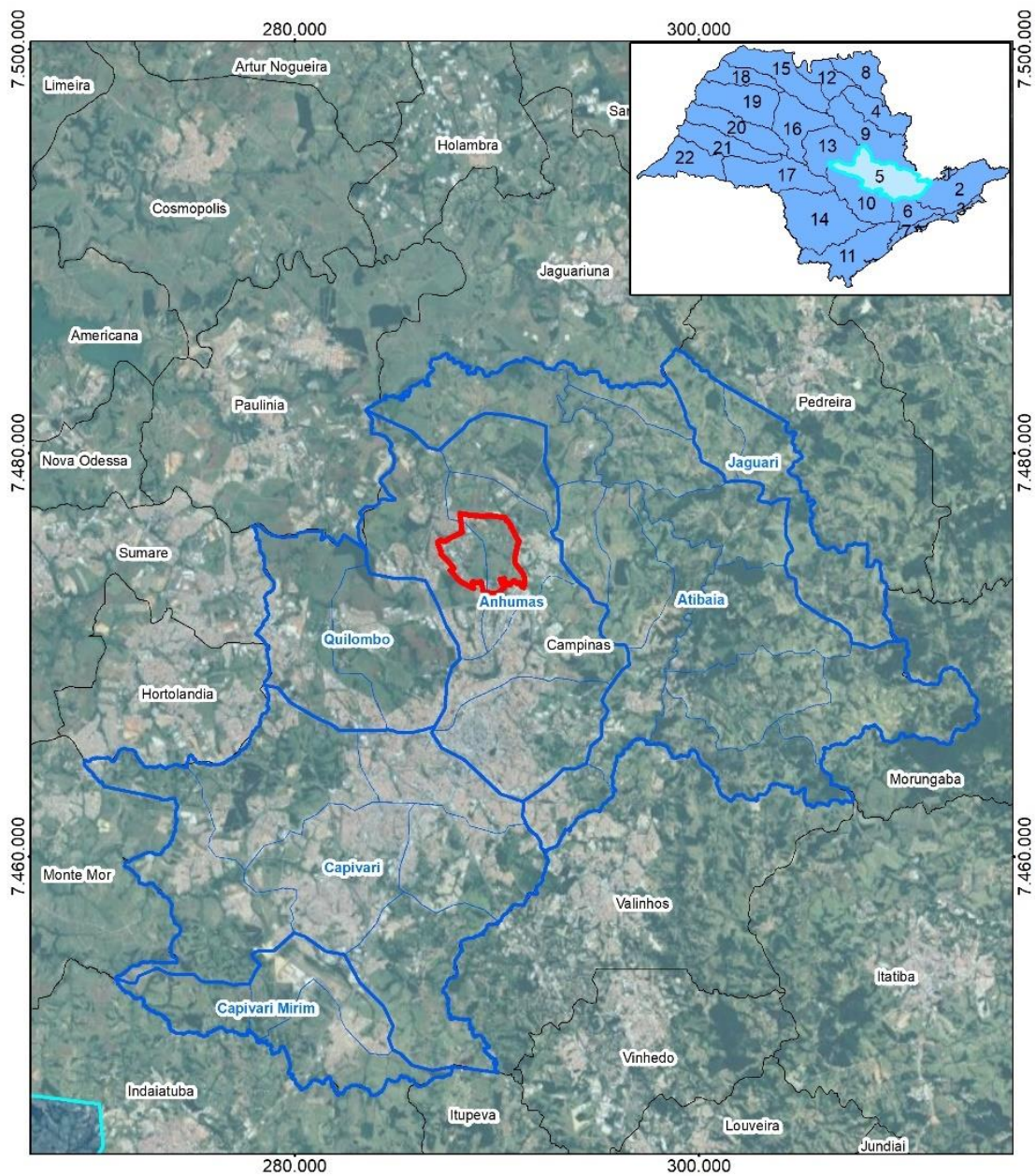
Localmente, de acordo com a base de dados do Portal Geoambiental Campinas, a drenagem da porção leste da área de estudo ocorre para as microbacias do Ribeirão Anhumas e da porção oeste para o Ribeirão das Pedras, como observado na **Figura 01** do **Anexo C**.

O enquadramento dos corpos d'água em classes é um importante instrumento de planejamento e gestão ambiental e de recursos hídricos, no qual é estabelecida uma meta para a qualidade da água a ser alcançada ou mantida em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo, de maneira a atender a todos os usos atuais ou pretendidos. No Estado de São Paulo, o enquadramento dos cursos d'água foi disposto pelo Decreto nº 10.755/1977, com alterações posteriores por Decreto e pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRHi).

As classes previstas na legislação são “1”, “2”, “3” e “4”, partindo-se da mais restritiva (1) para a mais permissiva (4), sendo esta última a classe destinada aos usos menos nobres da água, podendo o segmento de curso d'água receber, inclusive, o lançamento de esgotos domésticos (após tratamento). Entre os usos previstos na legislação estão desde a proteção das comunidades aquáticas e recreação de contato primário, passando por aquicultura e abastecimento para consumo humano, irrigação, dessedentação de animais, até a navegação e harmonia paisagística.

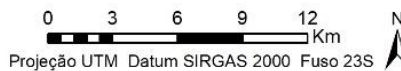
Os corpos d'água da área de estudo e do seu entorno imediato estão inseridos na Classe 2, com exceção do Ribeirão das Anhumas, que se enquadra na Classe 4 (**Figura 3.1-2**).

De acordo com a Resolução 357 do Conama de 2005, as águas de Classe 2 podem ter os seguintes destinos: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e à atividade de pesca. As águas de Classe 4 que podem ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.



Legenda

- Área de estudo
- Microbacias (Plano Diretor, 1991)
- Bacias hidrográficas (SEPLAMA, 2006)
- Limites municipais (IGC, 2015)
- UGRHIs**
- Outras UGRHIs
- UGRHI 05 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí



Fonte: Imagem de satélite, sem escala, 2020 (Google Earth).
 UGRHI, escala 1:1.000.000, 2011 (IGC).
 Limites municipais, escala 1:50.000, 2015 (IGC).
 Bacias hidrográficas, escala equivalente não informada, 2006 (SEPLAMA). Disponível em Geoambiental Campinas, 2022.
 Microbacias hidrográficas de Campinas, escala equivalente 1:1.000, 1991 (Plano Diretor). Disponível em Geoambiental Campinas, 2022.

Figura 3.1-1. Localização da área de estudo na UGRHI 05 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí).



Figura 3.1-2. Classes dos corpos d'água na região onde está inserida a área de estudo.



3.1.1 REGISTROS HISTÓRICOS

A caracterização histórica dos cursos d'água na área de estudo associado ao uso e ocupação do solo foi realizada com o objetivo de mapear os principais pontos de interesse antes do levantamento in loco e subsidiar o diagnóstico da situação hidrográfica do local.

Os documentos utilizados para a comparação evolutiva estão apresentados na **Tabela 3.1.1-1**.

Tabela 3.1.1-1. Foto aérea, imagens de satélite e carta topográfica utilizadas.

Tipo de documento	Elaboração/Execução/Disponibilização	Número e/ou Faixa	Escala	Ano
Foto aérea	Instituto Agrônômico / Prospec S.A. - GeofotoS.A. / Instituto Geológico	Região 5 Fotos 10692, 10693, 11239, 11240 e 11241	1:25.000	1962
Carta topográfica	IGC	74-98 e 74-99	1:10.000	1979
Imagem de satélite	Google Earth	---	Não determinada	2002
Ortofoto	Portal Geoambiental Campinas (PMC / AEROCAMP)	---	Resolução de 10cm	2014
Hidrografia	Portal Geoambiental Campinas (SVDS)	---	1:5.000	2014

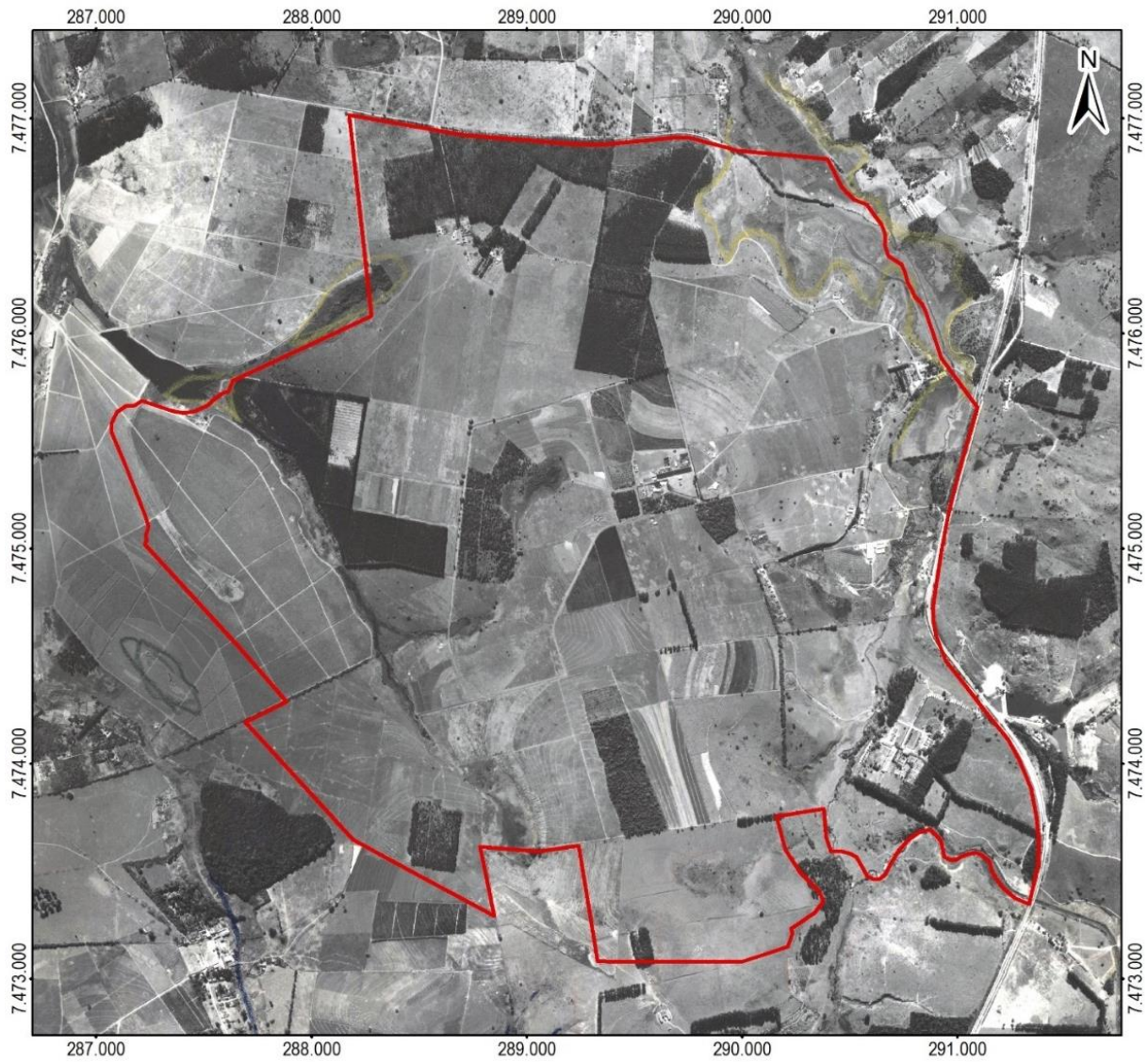
O documento mais antigo que se obteve da área de estudo é a foto aérea de **1962 (Figura 3.1.1-1)**. A avaliação da estereoscopia das fotos aéreas de 1962 (**Anexo B**) juntamente com a carta topográfica do IGC de 1979 (**Anexo B** e **Figura 3.1.1-2**), possibilitou a interpretação mais próxima das condições originais dos corpos d'água, antes da ocupação atual. Neste período observa-se o uso rural, com a presença de culturas (citrus, café, eucalipto), a existência de algumas vias de acesso de terra e edificações de sítios, chácaras e fazendas. A descrição detalhada da identificação dos corpos d'água está apresentada a seguir.

A carta topográfica do IGC de 1979 indica a ocorrência de onze cursos d'água (C-1 a C-11) e sete nascentes dentro da propriedade (N-1 a N-7). Dentre os cursos d'água, cinco estão classificados como intermitentes (C-2, C-4 a C-10), dois como perenes (C-1 e C-11) e um com trecho intermitente e perene (C-3). Os cursos d'água da porção leste do terreno fluem para o Ribeirão das Anhumas (C-11) e da porção oeste para o afluente do Ribeirão das Pedras.

O curso d'água C-1, classificado como perene, tem a sua cabeceira na divisa noroeste da área de estudo (N-1), flui próximo ao limite do terreno, onde há dois represamentos, recebe a drenagem de um afluente de dentro do terreno (C-3) e segue sentido SE-NO para o Ribeirão das Pedras (**Figura 3.1.1-3**). Nota-se que em 1979 não havia o represamento mais a montante, apenas o localizado a jusante.

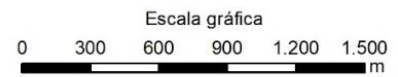
De acordo com a carta topográfica de 1979, o curso d'água C-2, classificado como intermitente, tem a sua cabeceira (N-2) com origem em um terreno sujeito à inundação, segue sentido NE-SO e possui dois represamentos antes de convergir com o curso d'água C-3. Na foto aérea de 1962 é possível observar sinais de presença de umidade na cabeceira, em razão da cor mais escura e vegetação não-florestal, e um represamento mais a montante do que indicado na carta topográfica (**Figura 3.1.1-4**).

O curso d'água C-3, flui sentido SO-NO na área de estudo. Na porção sudoeste apresenta trecho intermitente, até o encontro com o curso d'água C-2, que passa a ser perene até a convergência com o represamento a noroeste da divisa do terreno. Em 1962 nota-se que a cabeceira apresenta sinais de umidade, bem como em alguns trechos ao longo do curso d'água. Nesta foto também se observa uma drenagem próxima à divisa oeste, que segue até o represamento. Na carta topográfica, em razão da implantação da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, essa drenagem a oeste apresenta ocupada por edificações e arruamentos e o curso d'água C-3 apresenta retificado e canalizado. Observa-se que nas proximidades da cabeceira desse curso d'água há início de ocupação urbana, verificada pela presença de novos arruamentos, que não existiam em 62 (**Figura 3.1.1-5**).



Legenda

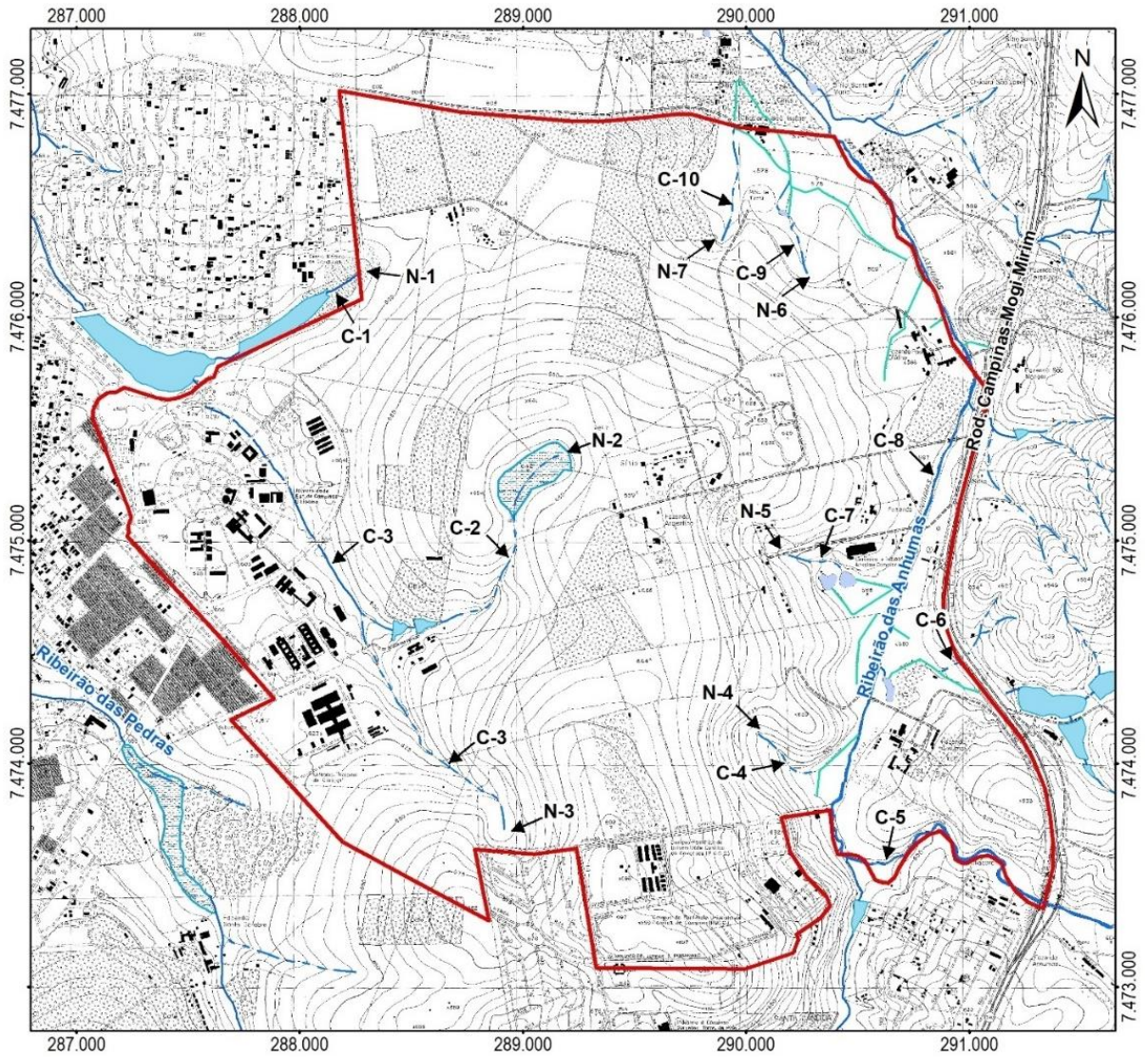
 Área de estudo




Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS 2000 Fuso 23S

Fonte: Foto aérea, Escala 1:25.000, 1962 (Instituto Agrônômico / Prospec S.A. - GeofotoS.A. / Instituto Geológico).


Figura 3.1.1-1. Situação da área de estudo em 1962.




Legenda

 Área de estudo

IGC (1979)

 curso d'água intermitente

 curso d'água perene

 vala

 lago

 represa

 rio

 terreno sujeito à inundação

Escala gráfica

0 210 420 630 840 1.050
m

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS 2000 Fuso 23S

Fonte: Carta topográfica, Escala 1:10.000, 1979 (IGC).

Figura 3.1.1-2. Situação da área de estudo em 1979.

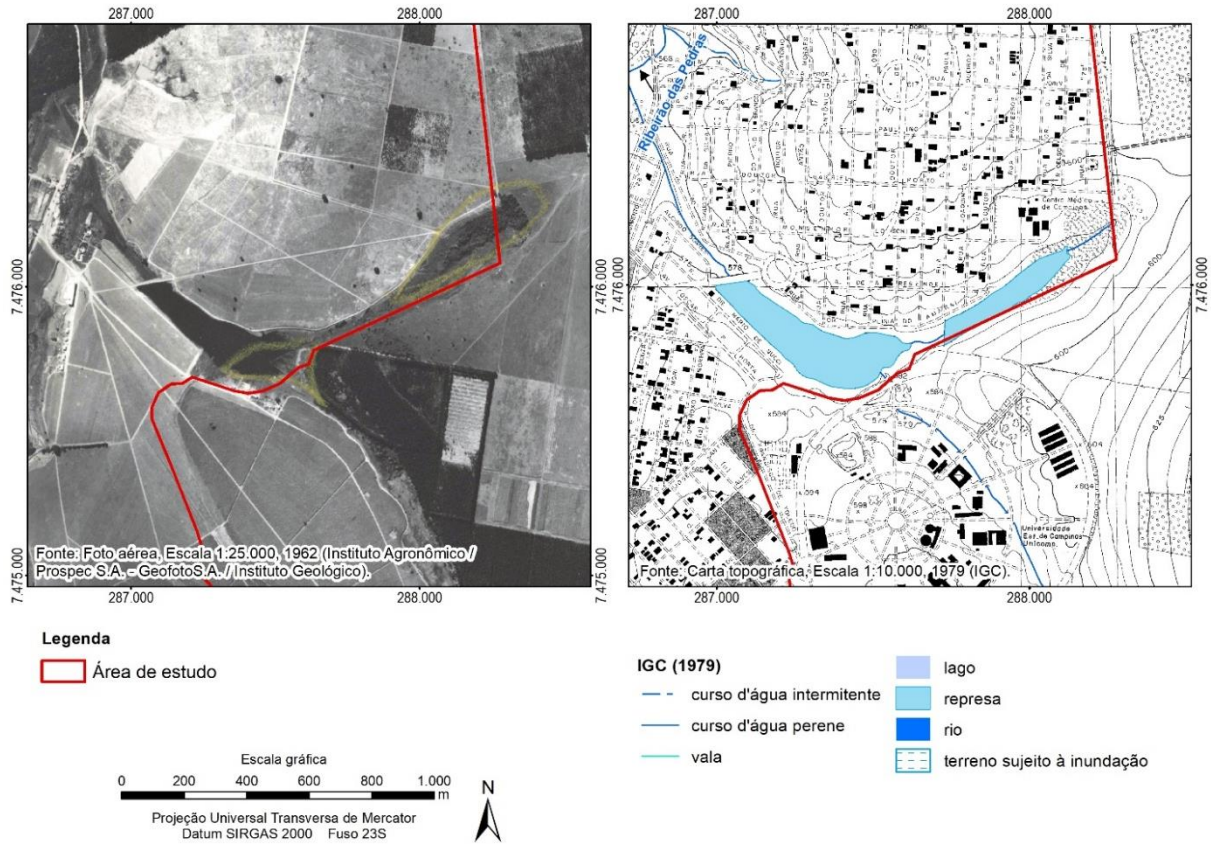


Figura 3.1.1-3. Detalhe do curso d'água C-1.

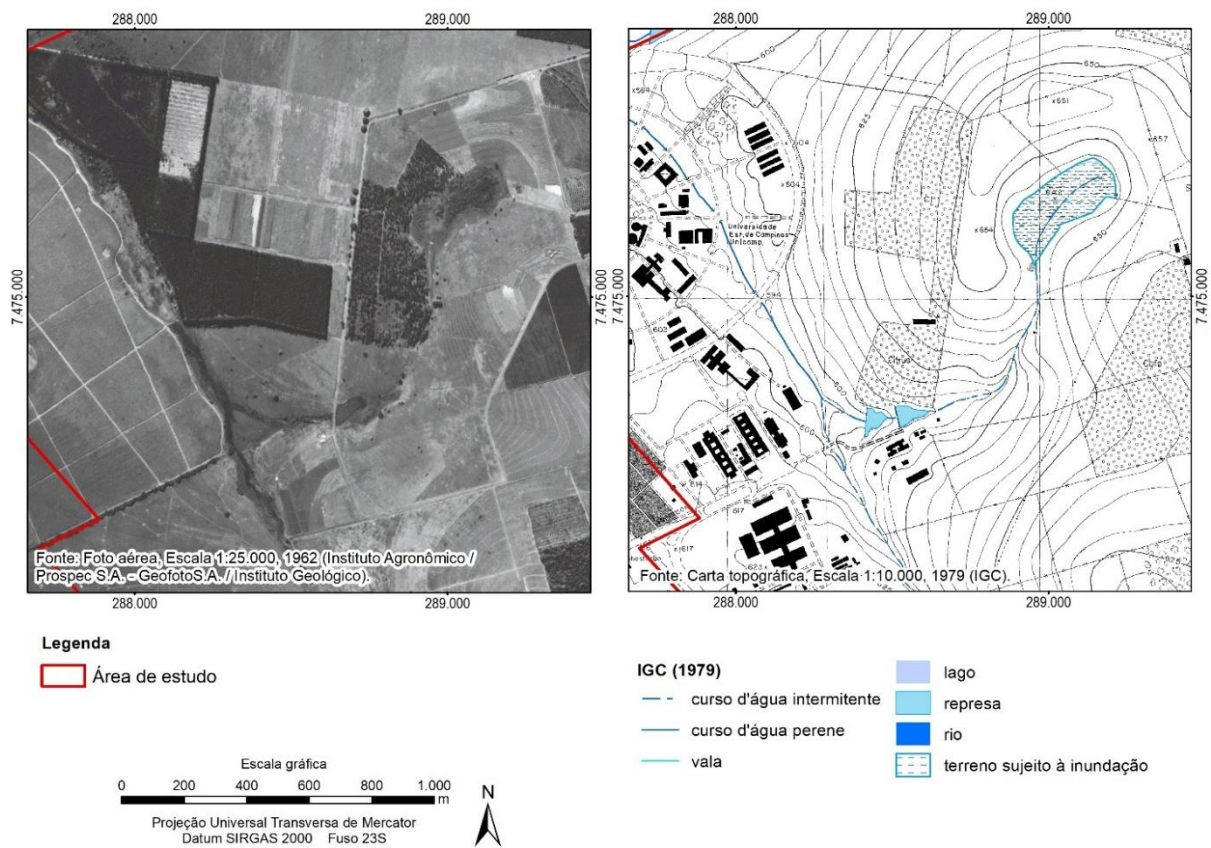


Figura 3.1.1-4. Detalhe do curso d'água C-2.

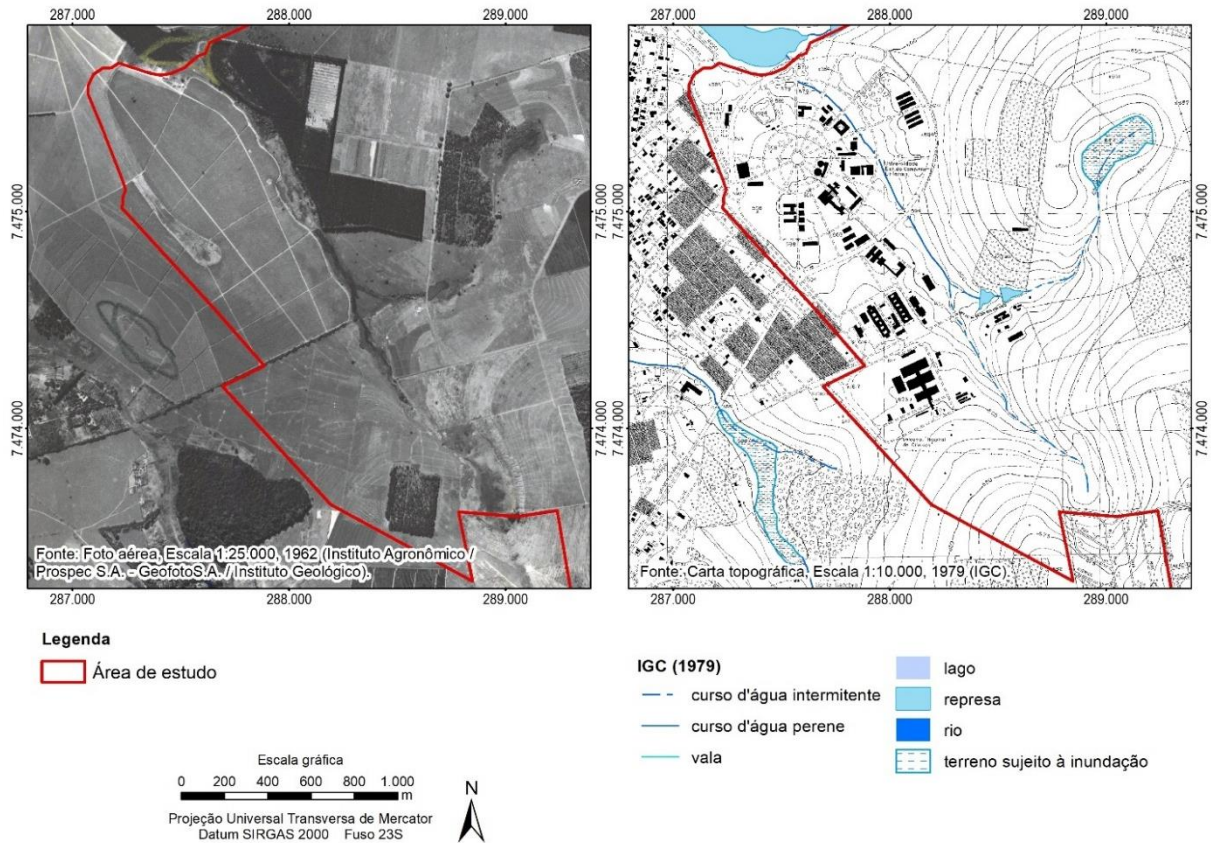


Figura 3.1.1-5. Detalhe do curso d'água C-3.

Os cursos d'água C-4, C-5, C-8 e C-9, localizados na porção sudeste da área de estudo, apresentam intermitência e possuem a drenagem direcionada a valas, de acordo com a carta topográfica do IGC. Todos são afluentes do Ribeirão das Anhumas (C-11).

Os cursos d'água C-4, C-8 e C-9 estão localizados nas proximidades da Fazenda Anhumas, atualmente ainda existente. O curso d'água C-4 tem a sua cabeceira dentro da área de estudo, a oeste do Ribeirão das Anhumas, enquanto o C-8 e C-9, têm a sua origem fora da área de estudo, a leste da Rodovia Campinas-Mogi Mirim. Ressalta-se que o C-9, ao adentrar na área de estudo, já está caracterizado como vala de drenagem.

De acordo com a carta topográfica, o curso d'água C-5 está localizado próximo à "Cerâmica e Indústria Anselmo Campineira" e possui a sua cabeceira a oeste do Ribeirão das Anhumas e dois lagos, antes de fluir para as valas de drenagem. Nota-se que na foto aérea de 1962 não é possível visualizar os lagos indicado em carta, nesse local apresenta sinais de umidade do solo.

Na foto aérea de 1962 é possível observar algumas valas nas faixas marginais do Ribeirão das Anhumas, semelhante ao indicado na carta topográfica de 1978. O Ribeirão das Anhumas apresenta-se sinuoso na foto aérea e com o traçado mais retilíneo na carta topográfica, indicando interferência nesse curso d'água entre os dois registros (**Figura 3.1.1-6**).

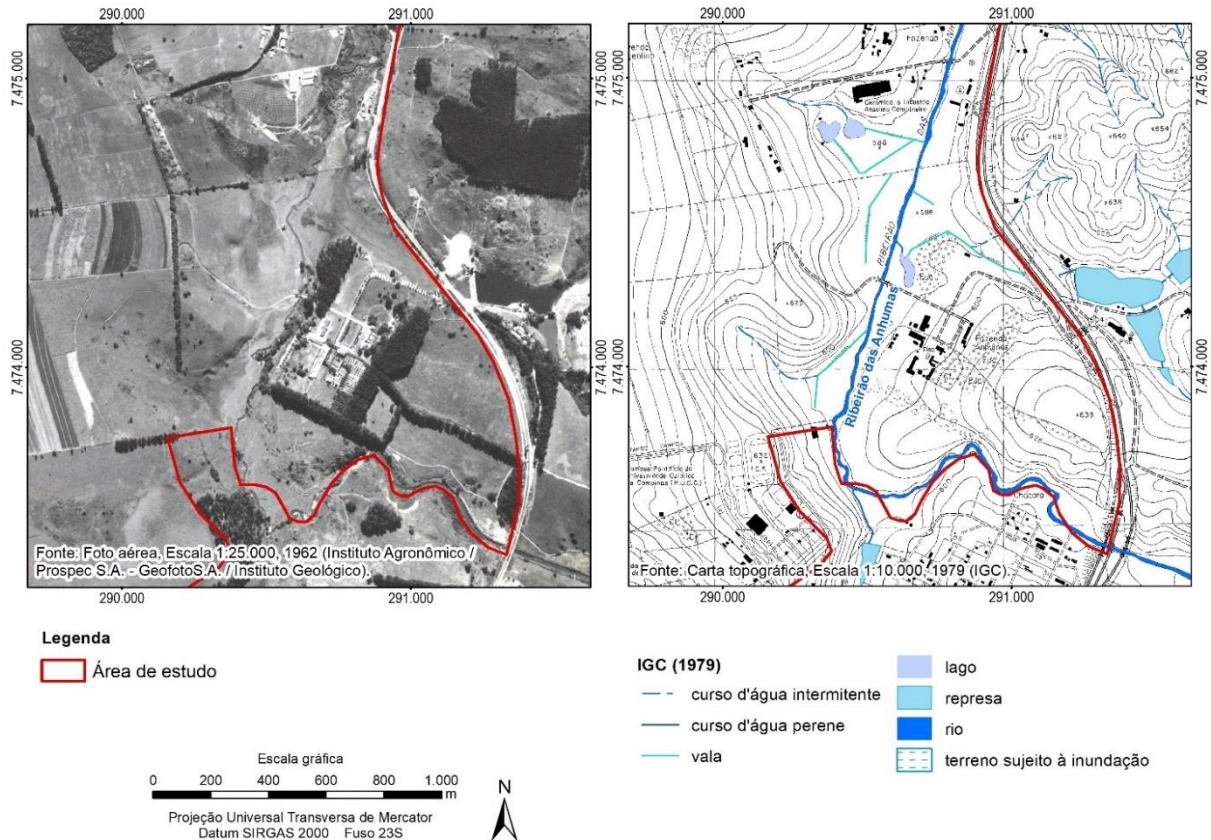


Figura 3.1.1-6. Detalhe do curso d'água C-4, C-5, C-8 e C-9.

Os cursos d'água C-6, C-7 e C-10, localizados na porção nordeste da área de estudo na Fazenda Pau D'Alho (ainda existente), apresentam intermitência de acordo com a carta topográfica do IGC. O curso d'água C-10 origina a leste da Rodovia Campinas-Mogi Mirim, passa pela travessia e deságua no Ribeirão das Anhumas. Os cursos d'água C-6 e C-7 nascem dentro da área de estudo e fluem para o norte em valas, em direção ao Ribeirão das Anhumas. Nota-se a indicação de movimentação de terra entre esses cursos d'água (C-6 e C-7). Nota-se a presença de valas de drenagem por toda a extensão das cotas mais baixas da fazenda, na planície do Ribeirão das Anhumas (**Figura 3.1.1-7**).

O Ribeirão das Anhumas (C-11) é o principal curso d'água da porção leste da área de estudo. Recebe as contribuições das águas superficiais de alguns afluentes presentes no terreno (C-4 a C-10) e possui diversas valas nas proximidades das suas margens, indicando a presença de uma planície de inundação. A planície do Ribeirão das Anhumas pode ser inferida associando as informações de curvas de nível da carta topográfica do IGC (1978) e da leitura estereoscópica das fotos aéreas (1962). Considerando a presença de valas ao longo das faixas marginais do curso d'água, áreas de cultivo e chácaras, pode-se inferir que as valas eram utilizadas para o uso agrícola nesse período, prática muito comum em áreas rurais com lençol freático raso (**Figura 3.1.1-8**).

Além dos registros da foto aérea de 1962 (Instituto Agrônômico / Prospec S.A. - GeofotoS.A. / Instituto Geológico) e da carta topográfica de 1979 (IGC) foram verificados outros dois documentos. A imagem de satélite mais recente disponível pelo Google Earth é a do ano de 2002 e no Portal Geoambiental Campinas está disponível a ortofoto e hidrografia de 2014.

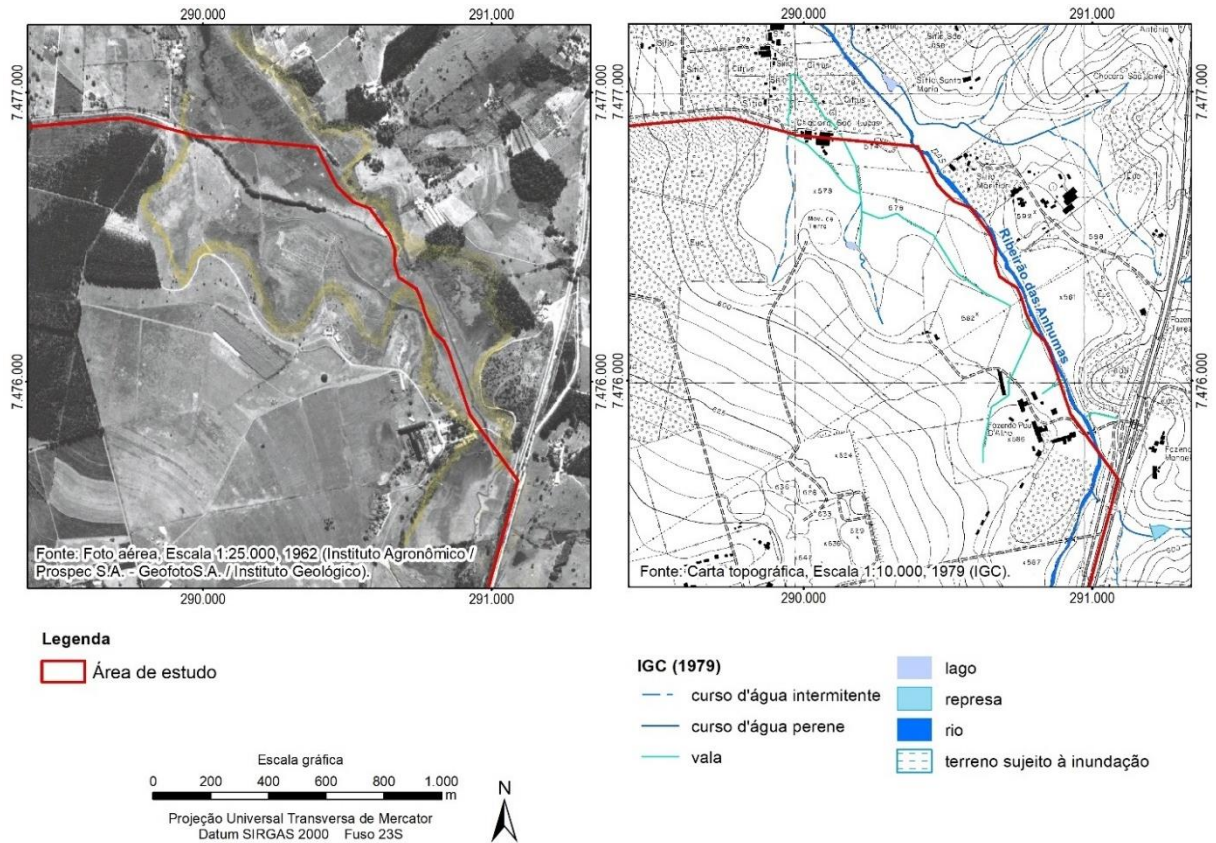


Figura 3.1.1-7. Detalhe do curso d'água C-6, C-7 e C-10.

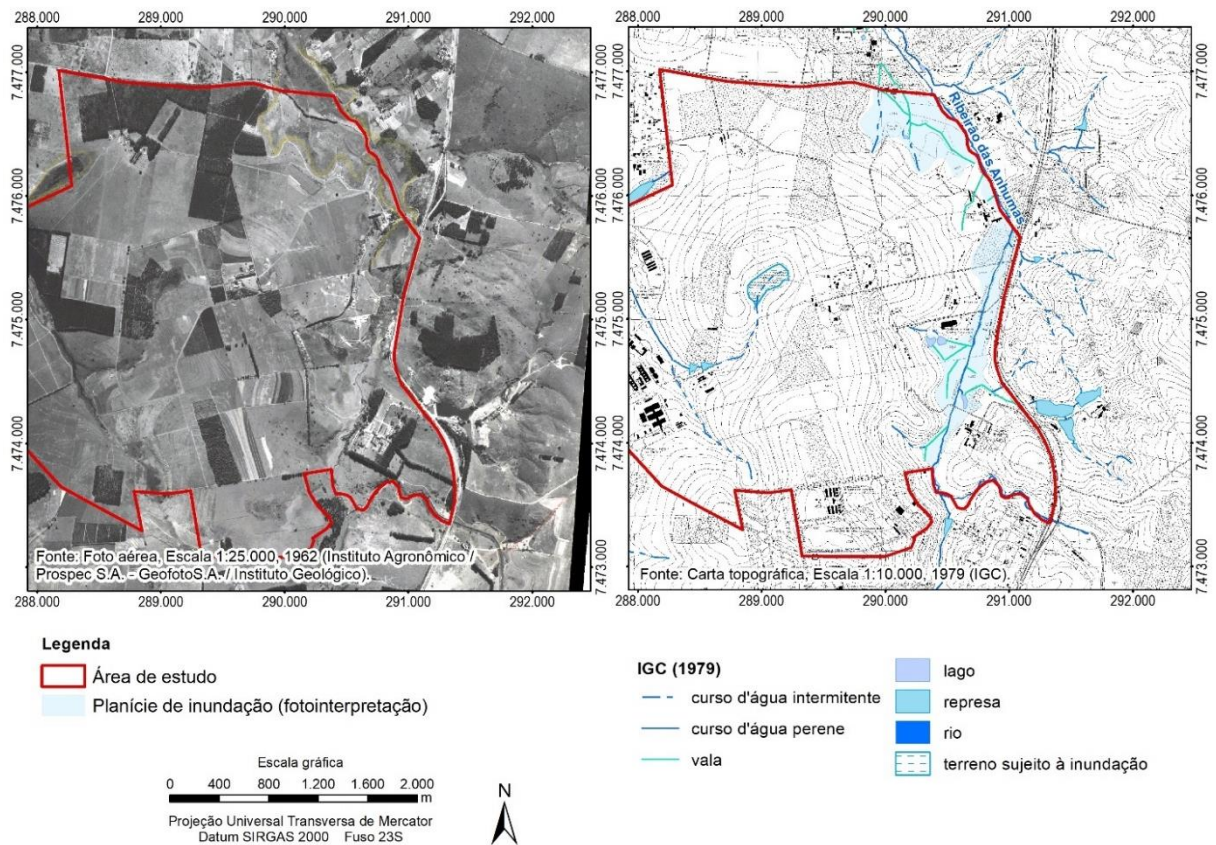


Figura 3.1.1-8. Detalhe do curso d'água C-11 (Ribeirão das Anhumas) e da planície de inundação (fotointerpretação).



Na imagem de satélite de 2002 (**Figura 3.1.1-9**) as principais diferenças do que foi observado na carta topográfica de 1979 são: a instalação das edificações da Unicamp e o trecho do curso d'água (C-3) canalizado fechado; a existência de um represamento no curso d'água C-3; a construção de edificações na cabeceira do curso d'água C-3; a implantação de estrada de terra nas proximidades da cabeceira do curso d'água C-2.

A hidrografia disponível no Portal Geoambiental Campinas foi adaptada e modificada do levantamento realizado em 2003 pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC). A modificação ocorreu em 2014 pela Secretaria do Verde, Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável (SVDS) da Prefeitura de Campinas em uma escala 1:5.000, utilizando para tal modificação Imagem Aérea EMPLASA 2010 (pixel de 1 m), retirando lagos inexistentes na imagem e ajustando limites dos espelhos d'água (**Figura 3.1.1-10**).



Legenda

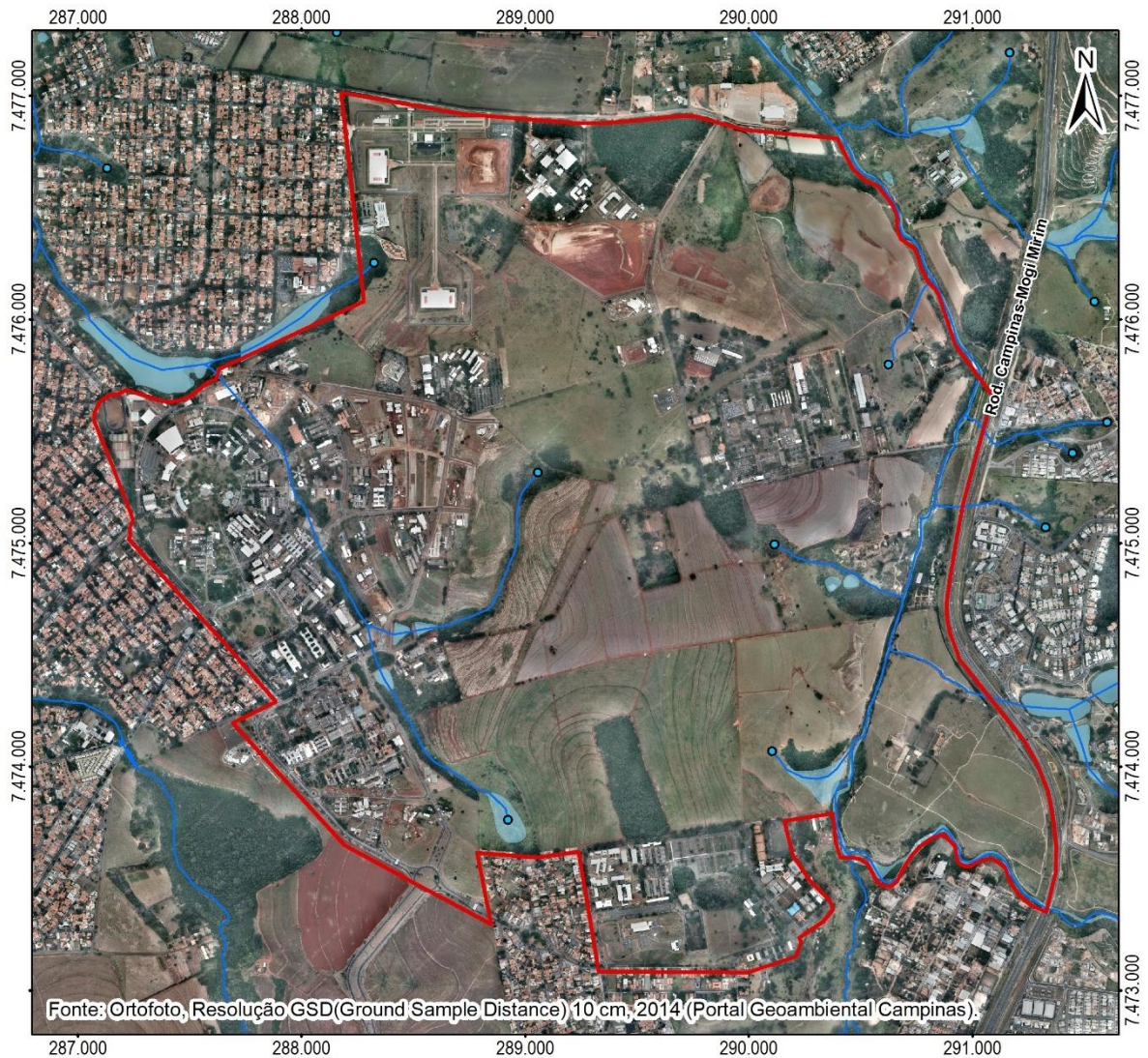
 Área de estudo

Escala gráfica
0 200 400 600 800 1.000
m

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS 2000 Fuso 23S

Fonte: Imagem de satélite, sem escala, 2002 (Gogole Earth)

Figura 3.1.1-9. Situação da área de estudo em 2002.



Legenda

Área de estudo

Geoambiental Campinas

• Nascentes

— Hidrografia

Lagos

Escala gráfica
0 200 400 600 800 1.000 m
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS 2000 Fuso 23S

Figura 3.1.1-10. Levantamento do Portal Geoambiental Campinas de 2014.

3.2 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Para a delimitação das APPs (Áreas de Preservação Permanentes) foi considerado o mapeamento dos corpos d'água realizado de acordo com a legislação vigente, com base em cartas topográficas, base de dados municipais, interpretação por estereoscopia de fotos aéreas, imagens de satélite e em levantamentos de campo.

Cabe ressaltar que os resultados aqui apresentados na avaliação das APPs têm caráter preliminar, devendo ser realizados levantamentos topográficos e estudos específicos para caracterização destas áreas, em escala de detalhe.



3.2.1 PARÂMETROS E ESPECIFICAÇÕES CONTIDAS NAS LEGISLAÇÕES RELACIONADAS A APPS UTILIZADOS NESTE TRABALHO

Para comprovar ou descartar a existência corpo d'água formador de Áreas de Preservação Permanentes – APP foram utilizados os parâmetros e especificações contidas na Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal), Lei Complementar nº 57/2017 (Plano Diretor Estratégico do Município de Campinas) e na Resolução SVDS nº 01 de 11 de abril de 2022.

No entanto, cabe ressaltar que, caso seja necessário definir a anterioridade de uma ocupação em APP perante a legislação atual, deverão ser observadas as disposições da legislação vigente no período analisado, que poderá ser enquadrado na Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 ou, ainda, na Lei nº 7.511 de julho de 1986.

De acordo com a **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**, legislação vigente, são considerados as definições e diretrizes das Áreas de Preservação Permanente - APPs:

- **Área de Preservação Permanente – APP:** “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”
- **Nascente:** “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água”. Ou seja, para ser caracterizado como nascente é necessário que sejam atendidas a três condições simultaneamente: (a) ser um afloramento natural; (b) apresentar perenidade; e (c) dar início a um curso d'água.
- **Olho d'água:** “afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente”.

O Código Florestal define como APPs “as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros”. Ou seja, o olho d'água e/ou nascente é formador de APP se apresentar condição de perenidade.

- **Corpos d'água:** considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde aborda da calha do leito regular, em largura mínima de:
 - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e
 - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

Em relação às áreas úmidas, o Código Florestal define:



- **Áreas úmidas:** pantanais e superfícies terrestres cobertas de forma periódica por águas, cobertas originalmente por florestas ou outras formas de vegetação adaptadas à inundação. No Artigo 4º do novo Código Florestal (Lei 12.651 de 25 de maio de 2012) define que:
 - a) Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:
 - Conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;
 - Proteger as restingas ou veredas;
 - Proteger várzeas;
 - Abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;
 - Proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;
 - Formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
 - Assegurar condições de bem-estar público;
 - Auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.
 - Proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

Ou seja, de acordo com o Código Florestal, as áreas úmidas podem ser consideradas como formadoras de APP desde que sejam naturais e declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo.

Entretanto, é necessário avaliar a legislação municipal para os casos mais restritivos para definição das APPs, conforme se verifica a seguir.

Segundo o **Plano Diretor de Campinas (Lei Complementar nº 57/2017)**, são consideradas as Áreas de Proteção e de Preservação Permanente:

Art. 41. As várzeas/planícies de inundação, definidas como Áreas de Proteção Permanente pela Lei Orgânica Municipal, não deverão sofrer intervenções de impermeabilização, aterro ou edificação.

§ 1º Fica admitida apenas a utilização das áreas previstas no caput deste artigo como áreas verdes, bacias de retenção, parques lineares, áreas de lazer e intervenções de interesse público, desde que sejam minimizadas as interferências no regime hídrico e na cota altimétrica.

§ 2º Ficam proibidos novos parcelamentos do solo nas várzeas ou planícies de inundação no território municipal, em especial nas localidades denominadas Chácaras Leandro, Piracambaia e Mariângela.

Art. 42. Ficam estabelecidas como Áreas de Preservação Permanente e sujeitas ao mesmo regramento estabelecido na Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, ou a outra Lei que venha substituí-la, as áreas situadas:

I - ao redor de nascentes, olhos d'água ou brejos contendo nascentes difusas, ainda que intermitentes, qualquer que seja sua situação topográfica, com raio ou faixa marginal mínima de cinquenta metros;



II - ao longo de brejos ou várzeas úmidas, associados a cursos d'água, em faixa marginal com largura mínima correspondente à APP já estabelecida para o curso d'água.

A Resolução **SVDS nº 01 de 11 de abril de 2022** dispõe sobre a definição das larguras das faixas relativas às Áreas De Preservação Permanente – APP, para os cursos d'água e reservatórios d'água artificiais do município de Campinas.

Art. 1º Para efeito de aplicação dessa Resolução ficam assim definidas as larguras das faixas de Áreas de Preservação Permanente - APP para os cursos d'água dentro do território municipal, em estrita concordância com o que determina a Lei Federal nº 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro), quanto à largura mínima das faixas marginais dos cursos:

I - 50 (cinquenta) metros:

- a) Rio Atibaia em toda a sua extensão dentro do território municipal;*
- b) Rio Capivari em toda a sua extensão dentro do território municipal;*
- c) Rio Jaguari, em toda a sua extensão dentro do território municipal;*
- d) Ribeirão Anhumas, trecho à jusante da Rodovia D. Pedro I (SP-065) até a foz com o Rio Atibaia.*

II - 30 (trinta) metros:

- a) Para o trecho do Ribeirão Anhumas, à montante da Rod. D. Pedro I (SP-065)*
- b) Demais cursos d'água, desde que sua largura seja menor que 10 metros.*

Art. 2º Para efeito de aplicação dessa Resolução ficam assim definidas as larguras mínimas das faixas de Áreas de Preservação Permanente - APP no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água

naturais, dentro do território municipal:

I - 100 (cem) metros, para corpo d'água acima de 20 (vinte) hectares de superfície;

II - Para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, a faixa marginal das Áreas de Preservação Permanente - APP, terá largura correspondente à APP já estabelecida para o curso d'água, oriundo de barramento ou represamento.

Dessa forma, foram adotados os critérios mais restritivos entre a legislação federal e municipal para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente na área de estudo.

3.2.2 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA ÁREA DE ESTUDO

Para a delimitação das APPs, foram utilizadas as seguintes considerações:

- Legislação mais restritiva para os corpos d'água, nascentes, áreas úmidas e planícies de inundação;



- Estabelecimento dos traçados dos corpos d'água, nascentes, áreas úmidas e planícies de inundação de maneira conservadora, em razão da falta de levantamento planialtimétrico, dados de monitoramento de nível d'água subterrânea e resultados de estudos hidrológicos-hidráulicos para determinação das cotas de inundação associadas ao Ribeirão das Anhumas;
- Para os pontos em que não foi possível realizar a vistoria por falta de autorização de acesso ou outro motivo, foi considerada a carta topográfica de 1979 do IGC;
- Nos locais em que não foi possível precisar um único afloramento de água, considerou-se como nascente difusa, abrangendo uma área com extensão da área úmida da cabeceira;
- As áreas de planície de inundação foram determinadas com base no cruzamento das informações: mapa geológico, fotos aéreas de 1962, carta topográfica de 1979 do IGC e imagens de satélite de 2022;
- Não foram realizadas sondagens para confirmação do perfil hidrogeológico da área de estudo.

A **Tabela 3.2.2-1** relaciona os pontos vistoriados e os critérios para a delimitação de APP, juntamente com a avaliação da carta topográfica de 1979 do IGC. Dependendo do local foi definida uma recomendação para a obtenção de dados mais precisos. A delimitação das APPs possui critério preliminar e está ilustrada na **Figura 3.2.2-1**, e apresentada na **Figura 13** e no **Anexo C**. A caracterização definitiva das APPs da área de estudo deverá ser objeto de estudo específico.

Tabela 3.2.2-1. Pontos vistoriados e critérios para a delimitação de APP.

Ponto	Especificação na carta topográfica em 1979 (IGC)	Nomenclatura da feição	Avaliação <i>in loco</i> e interpretação	Determinação da faixa de APP	Recomendação
47	represamento de curso d'água	R-1, C-1	represamento de curso d'água	30 m da área de inundação	Necessidade de confirmação da localização da nascente (acesso restrito). Levantamento topográfico.
45	curso d'água aberto com canalizações nos arruamentos	C-3	curso d'água canalizado fechado	não se aplica	
46	curso d'água	C-3	curso d'água canalizado aberto	30 m do canal	
40	represamento de curso d'água	R-2A e R-2B, C-2	represamento de curso d'água	30 m da área de inundação	
39	curso d'água	C-2	curso d'água	30 m do canal	
36					
37	terreno sujeita a inundação	N-2, C-2	nascente difusa	50 m da área úmida	
38b					
38					
41	curso d'água com trecho sob arruamento	C-3	represamento de curso d'água	30 m da área de inundação	
43					Levantamento topográfico.
44	nascente e curso d'água	N-3, C-3	nascente difusa	50 m da área úmida	
44b					
42					
32			área úmida associada a curso d'água	30 m da área úmida	
35					
33	região a montante de nascente e curso d'água	N-5			
34			nascente difusa	50 m da área úmida	
34b					
34c					



Tabela 3.2.2-1. Pontos vistoriados e critérios para a delimitação de APP.

Ponto	Especificação na carta topográfica em 1979 (IGC)	Nomenclatura da feição	Avaliação <i>in loco</i> e interpretação	Determinação da faixa de APP	Recomendação
34d					
34e					
34f		não se aplica	seco	não se aplica	
22b	ponte em cima do Ribeirão das Anhumas	C-11	Ribeirão das Anhumas	50 m da planície de inundação	Levantamento topográfico.
19	vala	V-1	poço com nível d'água de 1,5m	não se aplica (não há afloramento)	---
20	próximo a edificação	P-1	poço	não se aplica (não há afloramento)	---
21c	vala	V-1	vala seca	não se aplica (não há afloramento)	---
21b	vala	V-1	vala seca	não se aplica (não há afloramento)	---
21	ao lado de edificação	P-2	poço antigo com nível d'água de 2,5m para hidratação de animais	não se aplica (não há afloramento)	---
22c	continuidade da vala	V-1	vala seca / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	não se aplica (não há afloramento) / 50 m da planície de inundação	
22			margens do Ribeirão das Anhumas / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	50 m da planície de inundação	
23	planície de inundação com presença de valas	C-11			
24			vala com pouca umidade superficial / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	não se aplica (não há afloramento) / 50 m da planície de inundação	
24b	vala	V-2			
25c	proximidade com curso d'água	C-6	canal com água dentro da área úmida / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	30 m da área úmida / 50 m da planície de inundação	Elaboração de estudo para definição da planície de inundação para definição precisa da faixa de APP
25	trecho entre curso d'água e vala	C-6	canal com água / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	30 m do canal / 50 m da planície de inundação	
25b	vala	não se aplica	não foi visualizada a vala / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	não se aplica / 50 m da planície de inundação	
30e	curso d'água	C-6	canal com água dentro da área úmida / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	30 m da área úmida / 50 m da planície de inundação	
30d	proximidade com curso d'água	não se aplica	pequena vala seca / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	não se aplica / 50 m da planície de inundação	



Tabela 3.2.2-1. Pontos vistoriados e critérios para a delimitação de APP.

Ponto	Especificação na carta topográfica em 1979 (IGC)	Nomenclatura da feição	Avaliação <i>in loco</i> e interpretação	Determinação da faixa de APP	Recomendação
30b	curso d'água	C-6	canal com água dentro da área úmida	30 m da área úmida / 50 m da planície de inundação	
30	proximidade com curso d'água	C-6	canal com água dentro da área úmida /	30 m da área úmida / 50 m da planície de inundação	
30c	proximidade com curso d'água	C-6	localizada na planície de inundação do		
29b	proximidade com curso d'água	C-6	Ribeirão das Anhumas		
29	proximidade da cabeceira / planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	C-6	área seca a montante da área úmida / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	não se aplica / 50 m da planície de inundação	
31b 31c 31	curso d'água e nascente	N-6, C-6	área úmida em região de cabeceira / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	50 m da área úmida / 50 m da planície de inundação	
26			tubulação de drenagem / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	não se aplica / 50 m da planície de inundação	Investigar a origem da água (antrópico ou natural).
27	curso d'água	C-7	poço de visita da rede de drenagem / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	não se aplica / 50 m da planície de inundação	Elaboração de estudo para definição da planície de inundação para definição precisa da faixa de APP.
28b			canaleta úmida / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	30 m da área úmida / 50 m da planície de inundação	
28	movimentação de terra	não se aplica	área úmida / localizada na planície de inundação do Ribeirão das Anhumas	30 m da área úmida / 50 m da planície de inundação	Levantamento topográfico.

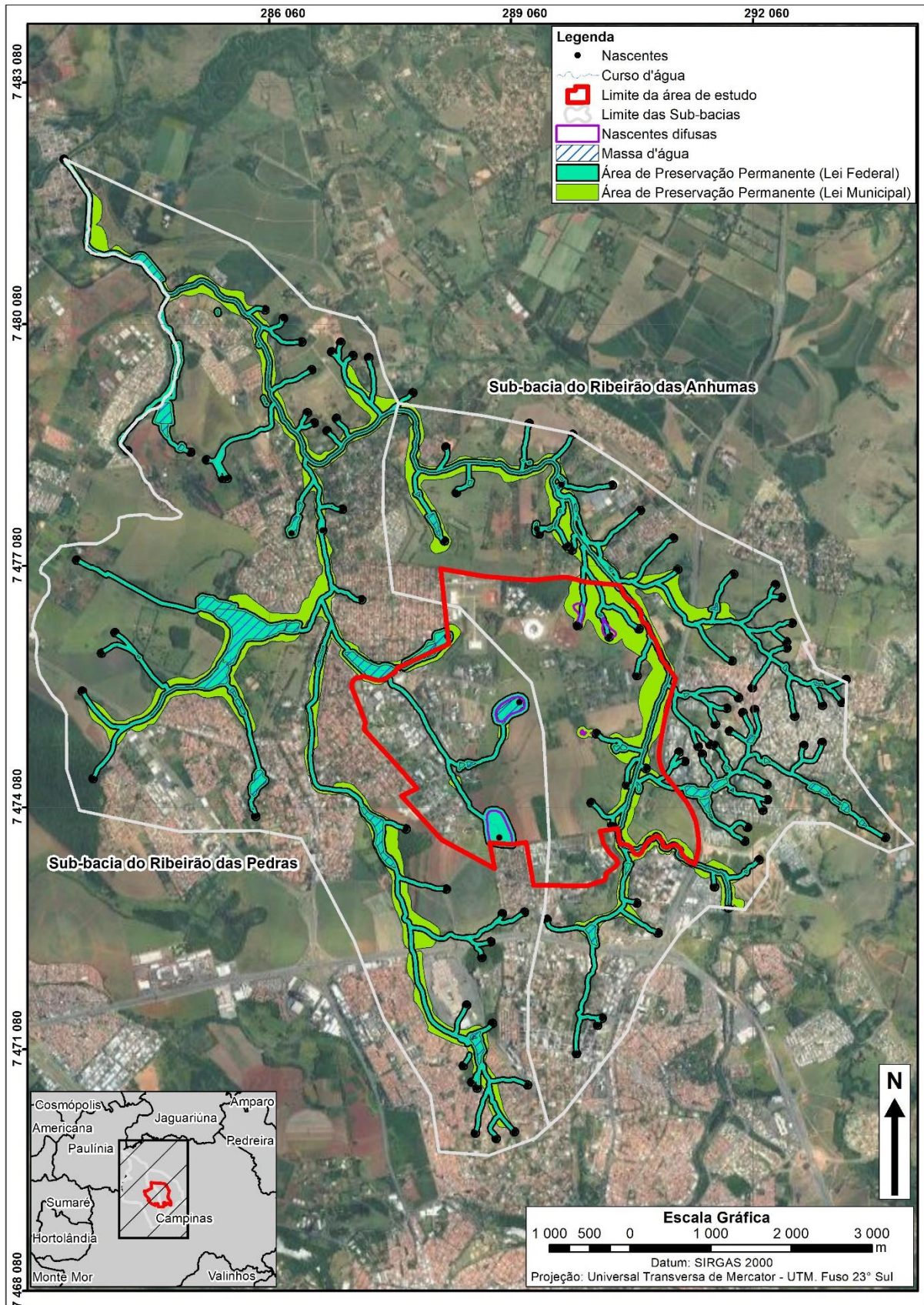


Figura 3.2.2-1. Localização das APPs nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).



4 CARTA DE SUSCETIBILIDADE A DESASTRES NATURAIS

A análise da suscetibilidade aos desastres naturais, neste projeto, tem como objetivo principal identificar os processos geodinâmicos atuantes, bem como delimitar os trechos em que estes processos poderão vir a causar prejuízos, caso o uso pretendido para o terreno não considere a possibilidade de atingimento por estes processos, bem como sua intensidade em uma eventual ocorrência. Desta forma, a identificação das áreas suscetíveis a tais processos visa evitar a ocupação de áreas inadequadas ou cujo custo possa tornar esta ocupação onerosa ou inviável.

Esta análise é feita com base nos fatores fisiográficos do terreno, observando-se as características relacionadas à morfologia e morfometria do relevo, bem como em relação às características relativas ao substrato. Nas duas sub-bacias que compreendem a área de estudo, os processos geológicos aos quais as sub-bacias são suscetíveis são os movimentos de massa, excluindo-se as corridas de massa, e os processos erosivos. Dentre os processos hidrológicos, foi observada a ocorrência de processos pretéritos de inundações em trechos restritos, que foram mapeados e delimitados com base na cartografia disponível e em dados fornecidos pela Defesa Civil do município de Campinas.

Neste projeto, os desastres naturais foram definidos de acordo com a tipologia da COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (BRASIL, 2012), sendo separados em Desastres Naturais Geológicos, que se distinguem entre movimentos de massa e os processos erosivos, e os Desastres Naturais Hidrológicos, que compreendem as inundações. De acordo com os critérios definidos em IPT & CPRM (2014), a área de estudo não é suscetível aos processos de corridas de massa e de enxurradas, uma vez que as condições para ocorrência destes processos, relacionadas a seguir, não são atendidas, como demonstrado na **Tabela 4-1**.

- Corridas de massa:
 - Unidades de relevo serrano;
 - Terrenos com alta suscetibilidade a deslizamentos;
 - Amplitude superior a 500 m;
 - Bacias de drenagem com área inferior a 10 km²; e
 - Relação entre amplitude e área da bacia dada pelo Índice de Melton (M), quando este for inferior a 0,3.
- Enxurradas:
 - Unidades de relevo serrano e/ou morros altos;
 - Amplitude superior a 300 m; e
 - Bacias de drenagem com área inferior a 10 km².

Tabela 4-1. Condições geomorfológicas e morfométricas das microbacias que compreendem a área de estudo.

Unidade	Unidades de relevo	Área (km ²)	Amplitude	Índice de Melton
Microbacia Ribeirão das Pedras	Colinas amplas e suaves Colinas dissecadas e morros baixos	39,32	130,24	0,02107
Microbacia Ribeirão das Anhumas		24,30	131,54	0,02610
Área total microbacias		63,62	133,06	0,01668



Tanto para os processos geológicos quanto para os processos hidrológicos, foram realizadas campanhas de campo para verificação dos trechos do terreno suscetíveis a cada um destes processos, bem como os locais que sofreram atingimento por processos pretéritos. O relatório das vistorias de campo está apresentado no **Anexo E**.

4.1 CARTAS DE SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS GEOLÓGICOS

As cartas de suscetibilidade aos processos de movimentos de massa e aos processos erosivos foram elaboradas com base em matrizes de correlações, que auxiliaram na tomada de decisões para a atribuição e maior ou menor suscetibilidade a um determinado tipo de processo em decorrência das características morfológicas, morfométricas, geológicas ou de erodibilidade de cada uma das unidades de análise delimitadas. O processo de elaboração das matrizes utilizadas e estabelecimento de suas correlações, bem como os resultados obtidos para as cartas de suscetibilidade aos processos geológicos de movimentos de massa e de erosão, são apresentados a seguir.

4.1.1 MATRIZ DE CORRELAÇÃO PARA ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS GEOLÓGICOS

Para análise da suscetibilidade aos processos geológicos, o relevo foi dividido em unidades geológico-geotécnicas de análise definidas no 5º táxon da geomorfologia do relevo (UBC – Unidade Básica de Compartimentação). Cada unidade de análise é composta por informações relativas aos seus aspectos fisiográficos, definidos a seguir:

- Elemento da morfologia do relevo, definido como tipo de unidade do relevo ao qual a UBC corresponde. Foram definidos 5 tipos de relevo em relação à sua morfologia:
 - Cabeceiras de drenagem: correspondem aos anfiteatros situados na cabeceira dos canais de drenagem, que podem ou não conter nascentes, surgências ou olhos d'água;
 - Vertentes: são os elementos formados por um plano ou um conjunto de planos inclinados que divergem da linha de cumeeada e enquadram os vales e talvegues;
 - Talvegues: corresponde ao elemento do relevo definido pela linha que une os pontos mais profundos de um vale. No entanto, para utilização na carta de suscetibilidade, foi considerado como sendo os pequenos vales que ocorrem dividindo as vertentes e formando canais de drenagem, contento ou não um curso hídrico, situados a montante dos vales amplos e a jusante das cabeceiras de drenagem;
 - Vales: elementos do relevo que são formados por duas vertentes cujos declives convergem num mesmo talvegue; e
 - Topos de morro: correspondem aos pontos mais altos dos morros e maciços, podendo ser constituídos por topos isolados de morros ou linhas de cumeadas de morros e maciços, quando tiverem contorno contínuo. São caracterizados por curvas de nível de formas arredondadas e fechadas a partir dos trechos de sela dos morros e maciços.
- Curvatura do relevo, que condiciona a concentração do escoamento superficial de água no terreno. Esta curvatura se divide em nove classes, derivadas da combinação entre três tipos de curvatura horizontal e três tipos de curvatura vertical, relacionados a seguir e apresentados na **Figura 4.1.1-1**:
 - Curvatura horizontal do relevo, variando entre convergente, planar e divergente;



- Curvatura vertical do relevo, que varia entre côncava, retilínea e convexa.

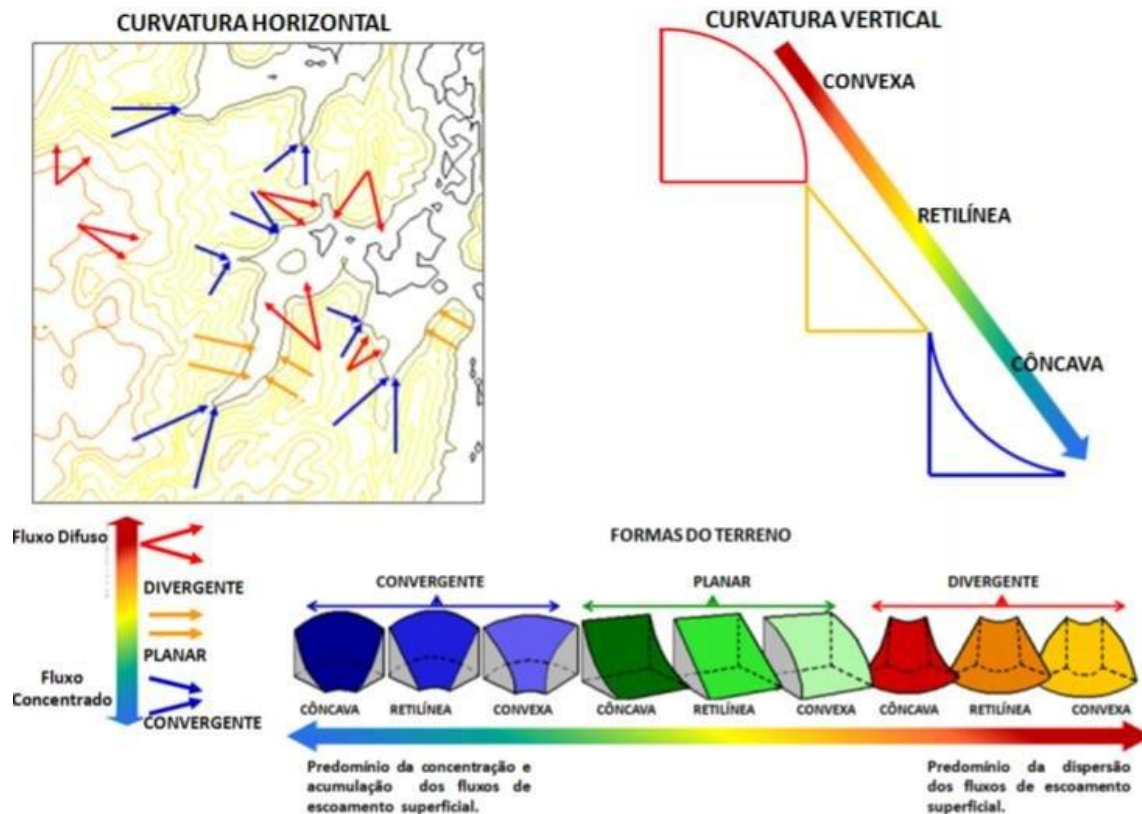


Figura 4.1.1-1. Relação entre as formas do terreno e a concentração do fluxo de água no escoamento superficial (Fonte: Freires et al, 2019).

- Amplitude da encosta, separada em 4 intervalos:
 - De 0,00 m a 10,00 m;
 - De 10,01 m a 20,00 m;
 - De 20,01 m a 50,00 m; e
 - Superior a 50,00 m.
- Declividade (inclinação) do relevo, separadas em 4 intervalos:
 - Declividade de 0% a 15% (inclinação de 0° a 8,53°);
 - Declividade de 15% a 30% (inclinação de 8,53° a 16,7°);
 - Declividade de 30% a 60% (inclinação de 16,7° a 30,96°);
 - Declividade superior a 60% (inclinação superior a 30,96°).

Cabe ressaltar que a Lei nº 6.766 de 19/12/1979, em seu Art 3º, Parágrafo único, Inciso III define que não será permitido o parcelamento do solo em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento, ou 16,7°), salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes.



- Geologia e pedologia. As características pedológicas de cada litologia foram agrupadas, tal como relacionado a seguir, a fim de viabilizar a elaboração de uma matriz de menor complexidade para a análise da suscetibilidade:
 - Aluvião, composto por sedimentos arenosos a argilosos, quaternários, com ocorrência de Gleissolos Háplicos, Gleissolos Melânicos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos Flúvicos;
 - Formação Serra Geral, de idade jurássico-cretácea, composto por basaltos e diabásios cinza escuros a pretos, finos ou muito finos e maciços, que predominam sob a forma de sills, e cujos solos variam entre Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho, Latossolo Vermelho, Nitossolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos;
 - Subgrupo Itararé, de idade carbonífero-permiana, caracterizado pela associação faciológica de diamictitos maciços ou com granodecrescência ascendente, lamitos com grânulos estratificados ou com laminação cruzada cavalgante ou plano-paralela, ritmitos areno-silto-argilosos ou silto-argilosos, onde ocorrem Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos;
 - Suíte Granítica Jaguariúna, de idade proterozóica (superior), onde ocorrem hornblenda-biotita granitos 3b porfíricos ou facoidais, foliados, cinza rosados a rosa acinzentados, com megacristais ovalados de feldspato potássico e matriz fina a média, e cujos solos correspondem a Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos;
 - Complexo Itapira, de idade proterozóica (média), composto por gnaisses indiferenciados que se intercalam métrica e decimetricamente: biotita gnaisse cinza médio, biotita gnaisse granítico, biotita gnaisse fino mesocrático, biotita-anfibólio gnaisse mesocrático, anfibolitos e possíveis rochas sãs, onde ocorrem Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos.
- Erodibilidade, de acordo com as definições de EMBRAPA (2020), expressa a capacidade do solo em resistir à erosão hídrica, correspondendo ao fator K da Equação Universal de Perda de Solo (*USLE - Universal Soil Loss Equation*), sendo influenciada apenas pelos atributos intrínsecos do solo como granulometria, estrutura, conteúdo de carbono orgânico, permeabilidade, profundidade, presença ou ausência de camada compactada, e pedregosidade. Dentre as classes de intensidade definidas, ocorrem as seguintes na área de estudo:
 - Baixa erodibilidade;
 - Alta erodibilidade;
 - Área urbana, que corresponde aos trechos urbanizados e parcialmente ou predominantemente impermeabilizados.

Para possibilitar a análise da suscetibilidade, visando uma classificação em três níveis (alta, média e baixa) para os processos geológicos, os aspectos fisiográficos foram agrupados em relação ao seu tipo e afinidade, sendo definidas as seguintes matrizes para classificação:

- **Matriz de Formas do Terreno (MFT)**, definida pela correlação entre as curvaturas horizontal e vertical do relevo e a intensidade de concentração do fluxo de escoamento de águas superficiais, em cada Unidade de Análise (UBC). Esta matriz está apresentada no **Quadro 4.1.1-1**;

Quadro 4.1.1-1. Matriz de formas do terreno - MFT (Fonte: REGEA, 2022).

Curvaturas	Horizontal		
	Convergente (CH1)	Planar (CH2)	Divergente (CH3)



Vertical	Côncava (CV1)	CH1 x CV1	CH2 x CV1	CH3 x CV1
	Retilínea (CV2)	CH1 x CV2	CH2 x CV2	CH3 x CV2
	Convexa (CV3)	CH1 x CV3	CH2 x CV3	CH3 x CV3

- **Matriz de Relevô (MRE)**, definida pela correlação entre os elementos da Matriz de Formas do Terreno (MFT) e a morfologia do relevô, em cada UBC. A classificação de suscetibilidade ao processo geodinâmico é realizada a partir desta matriz, que define esta suscetibilidade em decorrência da relação da morfologia do relevô influenciada pela intensidade de concentração do fluxo de escoamento de águas superficiais, de acordo com as suas curvaturas horizontal e vertical. Esta matriz está apresentada no **Quadro 4.1.1-2**, onde foram destacadas apenas as correlações existentes ao longo das duas sub-bacias analisadas;

Quadro 4.1.1-2. Matriz de Relevô, resultante da relação entre a matriz de formas do relevô e a morfologia do relevô de cada UBC, destacando apenas as correlações observadas nas duas sub-bacias analisadas (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Relevô - MRE		Matriz de Formas do Terreno (MFT)								
Morfologia do Relevô	Cabeceira	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Vertente	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Talvegue	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Fundo de vale	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Topo de morro	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3

- **Matriz de Morfometria (MMO)**, que estabelece a relação entre a amplitude e a declividade da unidade de análise e a suscetibilidade a um determinado processo geodinâmico em relação a este aspecto do relevô. Esta matriz está apresentada no **Quadro 4.1.1-3**, onde foram destacadas apenas as correlações existentes ao longo das duas sub-bacias analisadas;

Quadro 4.1.1-3. Matriz de Morfometria, resultante da relação entre a amplitude a declividade de cada UBC, destacando apenas as correlações observadas nas duas sub-bacias analisadas (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Morfometria - MMO		Superior a 60% (Superior a 30,96°) (DE4)	30% a 60% (16,7° a 30,96°) (DE3)	15% a 30% (8,53° a 16,7°) (DE2)	0% a 15% (0° a 8,53°) (DE1)
Amplitude	00,00 m - 10,00 m (AP1)	AP1 x DE4	AP1 x DE3	AP1 x DE2	AP1 x DE1
	10,01 m - 20,00 m (AP2)	AP2 x DE4	AP2 x DE3	AP2 x DE2	AP2 x DE1
	20,01 m - 50,00 m (AP3)	AP3 x DE4	AP3 x DE3	AP3 x DE2	AP3 x DE1
	Superior a 50,01 m (AP4)	AP4 x DE4	AP4 x DE3	AP4 x DE2	AP4 x DE1

- **Matriz de Geologia e Pedologia (MGP)**, que define a relação entre as características geológicas de cada formação associado ao tipo de solo que predominam em cada unidade de análise e a erodibilidade intrínseca desta UBC e sua suscetibilidade aos processos erosivos. Esta matriz está apresentada no **Quadro 4.1.1-4**. Para a análise da suscetibilidade aos movimentos de massa, esta matriz foi simplificada, sendo definida apenas a correlação entre as características geológicas de cada formação associado ao tipo de solo que predominam em cada unidade de análise, e a suscetibilidade à ocorrência de processos de movimentos de massa nesta unidade geológica, como apresentado no **Quadro 4.1.1-5**;

Quadro 4.1.1-4. Matriz de Geologia e Pedologia para os processos erosivos, resultante da relação entre os aspectos geológicos, pedológicos e de erodibilidade de cada UBC (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Geologia e Pedologia - MGP	Erodibilidade		
	Baixa (ER1)	Alta (ER2)	Area urbana* (ER0)



Geologia	Aluviões (ALU)	Pedologia	Gleissolos Háplicos, Gleissolos Melânicos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos Flúvicos	ALU x ER1	ALU x ER2	ALU x ER0
	Complexo Itapira (CIT)		Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos	CIT x ER1	CIT x ER2	CIT x ER0
	Formação Serra Geral (FSG)		Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho, Latossolo Vermelho, Nitossolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos	FSG x ER1	FSG x ER2	FSG x ER0
	Subgrupo Itararé (SIT)		Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos	SIT x ER1	SIT x ER2	SIT x ER0
	Suíte Granítica Jaguariúna (SGJ)		Argissolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos	SGJ x ER1	SGJ x ER2	SGJ x ER0

Quadro 4.1.1-5. Matriz de Geologia e Pedologia para os processos erosivos, resultante da relação entre os aspectos geológicos, pedológicos e a suscetibilidade à ocorrência de processos de movimentos de massa nesta unidade geológica em cada UBC (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Geologia e Pedologia - MGP			Classe	
Geologia	Aluviões (ALU)	Pedologia	Gleissolos Háplicos, Gleissolos Melânicos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos Flúvicos	ALU
	Complexo Itapira (CIT)		Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos	CIT
	Formação Serra Geral (FSG)		Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho, Latossolo Vermelho, Nitossolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos	FSG
	Subgrupo Itararé (SIT)		Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos	SIT
	Suíte Granítica Jaguariúna (SGJ)		Argissolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos	SGJ

- **Matriz de Correlação Relevo e Morfometria (MCO)**, obtida pela correlação entre as matrizes de relevo e de morfometria, e pode ser expressa pela equação $MCO = MRE \times MMO$. Esta matriz define a classe de suscetibilidade de cada unidade de análise e está apresentada no **Quadro 4.1.1-6**;

Quadro 4.1.1-6. Matriz de Correlação Relevo e Morfometria, resultante da correlação entre as matrizes de relevo e de morfometria de cada UBC (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Correlação Relevo e Morfometria (MCO) $MCO = MRE \times MMO$		MRE		
		ALTA (MRE3)	MÉDIA (MRE2)	BAIXA (MRE1)
MMO	ALTA (MMO3)	MMO3 x MRE3	MMO3 x MRE2	MMO3 x MRE1
	MÉDIA (MMO2)	MMO2 x MRE3	MMO2 x MRE2	MMO2 x MRE1
	BAIXA (MMO1)	MMO1 x MRE3	MMO1 x MRE2	MMO1 x MRE1

- **Matriz de Suscetibilidade ao Processo Geodinâmico (MSP)**, obtida pela correlação entre a classe resultante da Matriz de Correlação Relevo e Morfometria (MCO) e a Matriz de Geologia e Pedologia (MGP), expressa pela equação $MSP = MCO \times MGP$. Esta matriz define a classe de suscetibilidade de cada unidade de análise, e está apresentada no **Quadro 4.1.1-7**;

Quadro 4.1.1-7. Matriz de Suscetibilidade ao Processo Geodinâmico, resultante da correlação entre a classe resultante da Matriz de Correlação Relevo e Morfometria (MCO) e a Matriz de Geologia e Pedologia (MGP) de cada UBC (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Suscetibilidade ao Processo Geodinâmico (MSP) $MSP = MCO \times MGP$		MCO		
		ALTA (MCO3)	MÉDIA (MCO2)	BAIXA (MCO1)
MGP	ALTA (MGP3)	MGP3 x MCO3	MGP3 x MCO2	MGP3 x MCO1



	MÉDIA (MGP2)	MGP2 x MCO3	MGP2 x MCO2	MGP2 x MCO1
	BAIXA (MGP1)	MGP1 x MCO3	MGP1 x MCO2	MGP1 x MCO1

Na análise de cada um dos processos geodinâmicos, foi associado um maior ou menor grau de suscetibilidade a cada membro das matrizes. A fim de facilitar o entendimento da associação de grau de suscetibilidade de cada membro das matrizes, optou-se pela utilização de uma codificação por cores, tal como relacionado a seguir:

- Alta suscetibilidade ao processo geodinâmico analisado: Cor vermelha;
- Média suscetibilidade ao processo geodinâmico analisado: Cor amarela;
- Baixa suscetibilidade ao processo geodinâmico analisado: Cor verde.

Desta forma, as matrizes de decisões para determinação da suscetibilidade aos processos geodinâmicos de origem geológica analisados (movimentos de massa e erosão) serão classificadas com base nestas três classes e suas respectivas cores.

4.1.2 CARTA DE SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Para a análise de suscetibilidade aos movimentos de massa, as classificações das matrizes foram utilizadas para correlacionar a suscetibilidade aos processos de movimentos de massa a cada um dos fatores relacionados à morfologia, morfometria e características geológicas analisados. Desta forma, as matrizes resultantes, considerando apenas as correlações que ocorrem na área das sub-bacias que compreendem a área de estudo, estão apresentadas nos Quadros 4.1.2-1 a 4.1.2-5 a seguir.

Quadro 4.1.2-1. Matriz de Relevô para os processos de movimentos de massa, resultante da relação entre a matriz de formas do relevô e a morfologia do relevô de cada UBC, e suas respectivas suscetibilidades à ocorrência de movimentos de massa (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Relevô - MRE		Matriz de Formas do Terreno (MFT)								
Morfologia do Relevô	Cabeceira	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Vertente	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Talvegue	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Fundo de vale	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Topo de morro	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3

Quadro 4.1.2-2. Matriz de Morfometria para os processos de movimentos de massa, resultante da relação entre a amplitude a declividade de cada UBC, e suas respectivas suscetibilidades à ocorrência de movimentos de massa (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Morfometria - MMO		Superior a 60% (Superior a 30,96°) (DE4)	30% a 60% (16,7° a 30,96°) (DE3)	15% a 30% (8,53° a 16,7°) (DE2)	0% a 15% (0° a 8,53°) (DE1)
Amplitude	00,00 m - 10,00 m (AP1)	AP1 x DE4	AP1 x DE3	AP1 x DE2	AP1 x DE1
	10,01 m - 20,00 m (AP2)	AP2 x DE4	AP2 x DE3	AP2 x DE2	AP2 x DE1



Quadro 4.1.2-2. Matriz de Morfometria para os processos de movimentos de massa, resultante da relação entre a amplitude a declividade de cada UBC, e suas respectivas suscetibilidades à ocorrência de movimentos de massa (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Morfometria - MMO	Superior a 60% (Superior a 30,96°) (DE4)	30% a 60% (16,7° a 30,96°) (DE3)	15% a 30% (8,53° a 16,7°) (DE2)	0% a 15% (0° a 8,53°) (DE1)
20,01 m - 50,00 m (AP3)	AP3 x DE4	AP3 x DE3	AP3 x DE2	AP3 x DE1
Superior a 50,01 m (AP4)	AP4 x DE4	AP4 x DE3	AP4 x DE2	AP4 x DE1

Quadro 4.1.2-3. Matriz de Geologia e Pedologia para os processos erosivos, resultante da relação entre os aspectos geológicos, pedológicos e a suscetibilidade à ocorrência de processos de movimentos de massa nesta unidade geológica em cada UBC (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Geologia e Pedologia - MGP		Classe	
Geologia	Aluviões (ALU)	Gleissolos Háplicos, Gleissolos Melânicos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos Flúvicos	ALU
	Complexo Itapira (CIT)	Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos	CIT
	Formação Serra Geral (FSG)	Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho, Latossolo Vermelho, Nitossolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos	FSG
	Subgrupo Itararé (SIT)	Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos	SIT
	Suíte Granítica Jaguariúna (SGJ)	Argissolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos	SGJ

Quadro 4.1.2-4. Matriz de Correlação Relevo e Morfometria para os processos de movimentos de massa, resultante da correlação entre as matrizes de relevo e de morfometria de cada UBC, e suas respectivas suscetibilidades à ocorrência de movimentos de massa (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Correlação Relevo e Morfometria (MCO) MCO = MRE x MMO		MRE		
		ALTA (MRE3)	MÉDIA (MRE2)	BAIXA (MRE1)
MMO	ALTA (MMO3)	MMO3 x MRE3	MMO3 x MRE2	MMO3 x MRE1
	MÉDIA (MMO2)	MMO2 x MRE3	MMO2 x MRE2	MMO2 x MRE1
	BAIXA (MMO1)	MMO1 x MRE3	MMO1 x MRE2	MMO1 x MRE1

Quadro 4.1.2-5. Matriz de Suscetibilidade ao Processo Geodinâmico para os movimentos de massa, resultante da correlação entre a classe resultante da Matriz de Correlação Relevo e Morfometria (MCO) e a Matriz de Geologia e Pedologia (MGP) de cada UBC (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Suscetibilidade ao Processo Geodinâmico (MSP) MSP = MCO x MGP		MCO		
		ALTA (MCO3)	MÉDIA (MCO2)	BAIXA (MCO1)
MGP	ALTA (MGP3)	MGP3 x MCO3	MGP3 x MCO2	MGP3 x MCO1
	MÉDIA (MGP2)	MGP2 x MCO3	MGP2 x MCO2	MGP2 x MCO1
	BAIXA (MGP1)	MGP1 x MCO3	MGP1 x MCO2	MGP1 x MCO1

Os resultados obtidos na análise de suscetibilidade estão ilustrados na **Figura 4.1.2-1**, e demonstrados nas **Tabelas 4.1.2-1** e **4.1.2-2**. A Carta de Suscetibilidade aos Processos de Movimentos de Massa, em escala de maior detalhe, está apresentada na **Figura 14** do **Anexo F**.

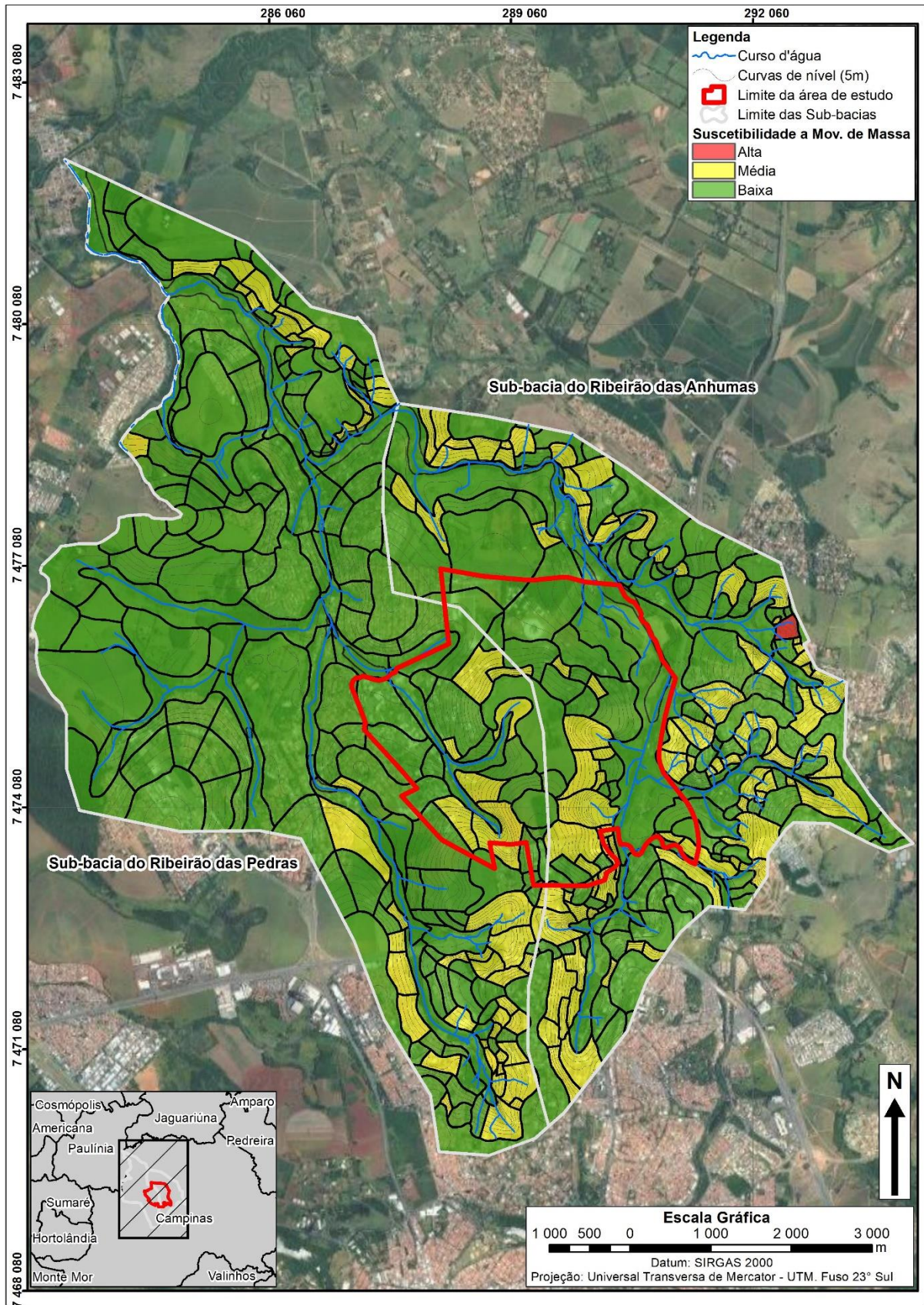


Figura 4.1.2-1. Representação da Carta de Suscetibilidade aos Processos de Movimentos de Massa nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).



Tabela 4.1.2-1. Resultados obtidos na análise de suscetibilidade aos movimentos de massa para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Unidade do Relevo	Quantidade de unidades de análise	Área (km²)	% da Área das sub-bacias
Alta	1	0,071	0,11%
Cabeceira	1	0,071	0,11%
Média	145	11,401	17,92%
Cabeceira	25	4,022	6,32%
Vertente	120	7,379	11,60%
Baixa	273	52,150	81,97%
Cabeceira	5	1,950	3,07%
Fundo de vale	30	10,036	15,77%
Talvegue	23	3,234	5,08%
Topo de morro	34	12,716	19,99%
Vertente	181	24,214	38,06%
Total Geral	419	63,622	100%

Tabela 4.1.2-2. Resultados obtidos na análise de suscetibilidade aos movimentos de massa para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Unidade do Relevo	Quantidade de unidades de análise	Área (km²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
Média	30	2,304	20,78%	3,62%
Cabeceira	4	0,862	7,77%	1,35%
Vertente	26	1,443	13,01%	2,27%
Baixa	51	8,786	79,22%	13,81%
Cabeceira	1	0,488	4,40%	0,77%
Fundo de vale	6	1,877	16,92%	2,95%
Talvegue	3	0,294	2,65%	0,46%
Topo de morro	6	1,306	11,78%	2,05%
Vertente	35	4,821	43,47%	7,58%
Total Geral	81	11,090	100,00%	17,43%

4.1.3 CARTA DE SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS EROSIVOS

Para a análise de suscetibilidade aos processos erosivos, as classificações das matrizes foram utilizadas para correlacionar a suscetibilidade à erosão a cada um dos fatores relacionados à morfologia, morfometria, características geológicas e erodibilidade analisados. Desta forma, as matrizes resultantes, considerando apenas as correlações que ocorrem na área das sub-bacias que compreendem a área de estudo, estão apresentadas nos **Quadros 4.1.3-1 a 4.1.3-5** a seguir.

Quadro 4.1.3-1. Matriz de Relevo para os processos erosivos, resultante da relação entre a matriz de formas do relevo e a morfologia do relevo de cada UBC, e suas respectivas suscetibilidades à ocorrência de erosão (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Relevo - MRE		Matriz de Formas do Terreno (MFT)								
Morfologia do Relevo	Cabeceira	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Vertente	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Talvegue	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Fundo de vale	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3
	Topo de morro	CH1 x CV1	CH1 x CV2	CH1 x CV3	CH2 x CV1	CH2 x CV2	CH2 x CV3	CH3 x CV1	CH3 x CV2	CH3 x CV3



Quadro 4.1.3-2. Matriz de Morfometria para os processos erosivos, resultante da relação entre a amplitude a declividade de cada UBC, e suas respectivas suscetibilidades à ocorrência de erosão (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Morfometria - MMO		Superior a 60% (Superior a 30,96°) (DE4)	30% a 60% (16,7° a 30,96°) (DE3)	15% a 30% (8,53° a 16,7°) (DE2)	0% a 15% (0° a 8,53°) (DE1)
Amplitude	00,00 m - 10,00 m (AP1)	AP1 x DE4	AP1 x DE3	AP1 x DE2	AP1 x DE1
	10,01 m - 20,00 m (AP2)	AP2 x DE4	AP2 x DE3	AP2 x DE2	AP2 x DE1
	20,01 m - 50,00 m (AP3)	AP3 x DE4	AP3 x DE3	AP3 x DE2	AP3 x DE1
	Superior a 50,01 m (AP4)	AP4 x DE4	AP4 x DE3	AP4 x DE2	AP4 x DE1

Quadro 4.1.3-3. Matriz de Geologia e Pedologia para os processos erosivos, resultante da relação entre os aspectos geológicos, pedológicos e de erodibilidade de cada UBC, e suas respectivas suscetibilidades à ocorrência de erosão (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Geologia e Pedologia - MGP			Erodibilidade			
			Baixa (ER1)	Alta (ER2)	Area urbana* (ER0)	
Geologia	Aluviões (ALU)	Pedologia	Gleissolos Háplicos, Gleissolos Melânicos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos Flúvicos	ALU x ER1	ALU x ER2	ALU x ER0
	Complexo Itapira (CIT)		Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos	CIT x ER1	CIT x ER2	CIT x ER0
	Formação Serra Geral (FSG)		Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho, Latossolo Vermelho, Nitossolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos	FSG x ER1	FSG x ER2	FSG x ER0
	Subgrupo Itararé (SIT)		Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos	SIT x ER1	SIT x ER2	SIT x ER0
	Suíte Granítica Jaguariúna (SGJ)		Argissolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos	SGJ x ER1	SGJ x ER2	SGJ x ER0

Quadro 4.1.3-4. Matriz de Correlação Relevo e Morfometria para os processos erosivos, resultante da correlação entre as matrizes de relevo e de morfometria de cada UBC, e suas respectivas suscetibilidades à ocorrência de erosão (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Correlação Relevo e Morfometria (MCO) MCO = MRE x MMO		MRE		
		ALTA (MRE3)	MÉDIA (MRE2)	BAIXA (MRE1)
MMO	ALTA (MMO3)	MMO3 x MRE3	MMO3 x MRE2	MMO3 x MRE1
	MÉDIA (MMO2)	MMO2 x MRE3	MMO2 x MRE2	MMO2 x MRE1
	BAIXA (MMO1)	MMO1 x MRE3	MMO1 x MRE2	MMO1 x MRE1

Quadro 4.1.3-5. Matriz de Suscetibilidade ao Processo Geodinâmico para os processos erosivos, resultante da correlação entre a classe resultante da Matriz de Correlação Relevo e Morfometria (MCO) e a Matriz de Geologia e Pedologia (MGP) de cada UBC (Fonte: REGEA, 2022).

Matriz de Suscetibilidade ao Processo Geodinâmico (MSP) MSP = MCO x MGP		MCO		
		ALTA (MCO3)	MÉDIA (MCO2)	BAIXA (MCO1)
MGP	ALTA (MGP3)	MGP3 x MCO3	MGP3 x MCO2	MGP3 x MCO1
	MÉDIA (MGP2)	MGP2 x MCO3	MGP2 x MCO2	MGP2 x MCO1
	BAIXA (MGP1)	MGP1 x MCO3	MGP1 x MCO2	MGP1 x MCO1

Os resultados obtidos na análise de suscetibilidade estão ilustrados na **Figura 4.1.3-1**, e demonstrados nas **Tabelas 4.1.3-1** e **4.1.3-2**. A Carta de Suscetibilidade aos Processos Erosivos, em escala de maior detalhe, está apresentada na **Figura 15** do **Anexo F**.

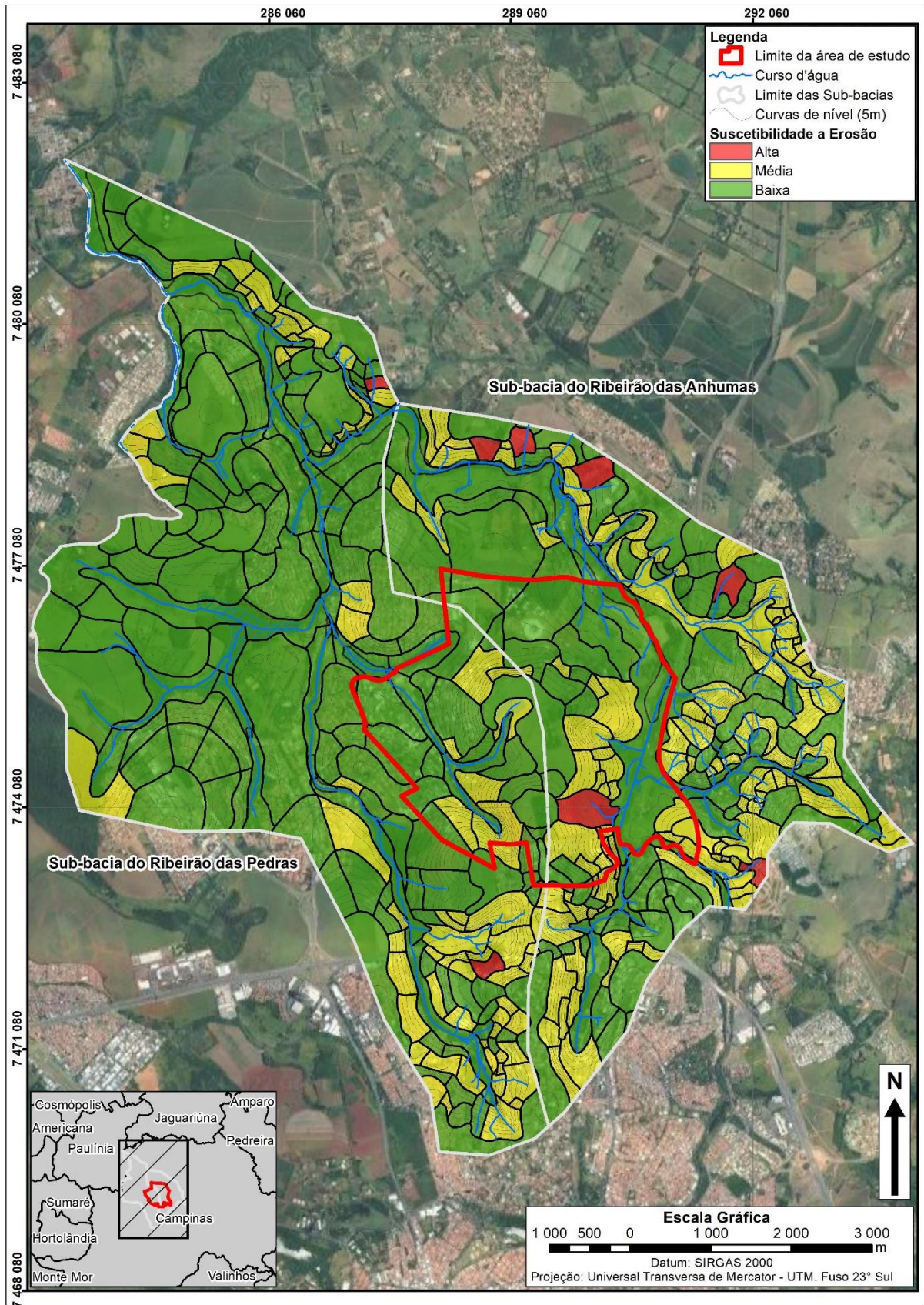


Figura 4.1.3-1. Representação da Carta de Suscetibilidade aos Processos Erosivos nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).



Tabela 4.1.3-1. Resultados obtidos na análise de suscetibilidade aos processos erosivos para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de Suscetibilidade aos Processos Erosivos e Unidade do Relevô	Quantidade de unidades de análise	Área (km²)	% da Área da sub-bacia
Alta	8	0,912	1,43%
Cabeceira	4	0,550	0,86%
Vertente	4	0,363	0,57%
Média	183	14,591	22,93%
Cabeceira	24	4,151	6,52%
Fundo de vale	3	0,664	1,04%
Talvegue	2	0,339	0,53%
Topo de morro	3	0,219	0,34%
Vertente	151	9,218	14,49%
Baixa	228	48,119	75,63%
Cabeceira	3	1,342	2,11%
Fundo de vale	27	9,372	14,73%
Talvegue	21	2,894	4,55%
Topo de morro	31	12,497	19,64%
Vertente	146	22,013	34,60%
Total Geral	419	63,622	100%

Tabela 4.1.3-2. Resultados obtidos na análise de suscetibilidade aos processos erosivos para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de Suscetibilidade aos Processos Erosivos e Unidade do Relevô	Quantidade de unidades de análise	Área (km²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
Alta	1	0,267	2,41%	0,42%
Cabeceira	1	0,267	2,41%	0,42%
Média	36	2,711	24,44%	4,26%
Cabeceira	3	0,595	5,37%	0,94%
Topo de morro	1	0,071	0,64%	0,11%
Vertente	32	2,045	18,44%	3,21%
Baixa	44	8,113	73,15%	12,75%
Cabeceira	1	0,488	4,40%	0,77%
Fundo de vale	6	1,877	16,92%	2,95%
Talvegue	3	0,294	2,65%	0,46%
Topo de morro	5	1,235	11,14%	1,94%
Vertente	29	4,219	38,04%	6,63%
Total Geral	81	11,090	100,00%	17,43%

4.2 CARTA DE SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS

Em consulta aos dados oriundos da Defesa Civil do Município de Campinas e à base de dado consolidada para o projeto, observou-se a ocorrência recente (2020/2021) de processos de inundações pretéritos em trechos restritos, situados majoritariamente na porção central da Sub-bacia do Ribeirão das Pedras, além de uma área de inundação delimitada pela CPRM (2013) na porção a norte da Sub-bacia do Ribeirão das Pedras, onde os cursos hídricos seguem em direção ao Rio Atibaia.

Além do apontamento de eventos pretéritos, foi utilizada a metodologia HAND para definição das manchas de inundação que seriam verificadas em campo. Esta metodologia está pormenorizada no item 4.4.1 a seguir. Com base nestes dados, procedeu-se com as campanhas de mapeamento em campo, com o intuito de determinar as áreas máximas de atingimento com base na modelagem HAND e no histórico das ocorrências, auxiliado pelos relatos de pessoas que testemunharam estes eventos.

De acordo com a população entrevistada ao longo do mapeamento, o evento de maior criticidade ocorreu em fevereiro de 2003, atingindo boa parte dos Ribeirões das Pedras e das Anhumas,



afetando o entorno dos locais onde houve extravasamento do canal pelas águas em diversos trechos, com níveis de atingimento chegando a 2 m de altura medidos a partir das vias de acesso.

A identificação das áreas suscetíveis aos processos de inundações visa evitar a ocupação de áreas inadequadas, bem como a construção de vias de acesso ou estruturas que possam obstruir parcial ou integralmente o escoamento dos cursos hídricos e das águas superficiais, ou ainda, cujo custo possa tornar esta ocupação onerosa ou inviável.

4.2.1 MODELAGEM PRELIMINAR PELA METODOLOGIA HAND

As áreas suscetíveis à inundação foram identificadas a partir da metodologia de modelagem HAND - *Height Above Nearest Drainage* (Nobre, et al., 2011), ou Altura Acima da Drenagem mais próxima, desenvolvida por pesquisadores do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

De acordo com Goerl, et al. (2017), o modelo HAND normaliza o MDE (Modelo digital de elevação) com base na diferença entre a altitude do terreno e a altitude da rede de drenagem mais próxima, estando estes resultados condicionados à qualidade do arquivo MDE base (Momo, et al., 2016).

A primeira etapa da modelagem consiste na correção hidrológica do MDE, eliminando os *sinks* (**Figura 4.2.1-1a**) para garantir a propagação do fluxo em todas as células do MDE (**Figura 4.2.1-1b**). Em seguida a direção e a área de acumulação de fluxo de cada célula são determinadas pelo estabelecimento de um limiar mínimo para iniciar o canal, o que permite que a rede de drenagem seja extraída do MDE (**Figura 4.2.1-1c**). Quanto menor o limiar, maior a densidade de drenagens gerada pelo modelo.

A segunda etapa da modelagem HAND é a normalização da altimetria com base nas cotas da drenagem, reclassificando o MDE com base na diferença entre a cota do canal mais próximo e as cotas do terreno adjacente ao canal (**Figura 4.2.1-1d**).

O processamento resulta em um novo MDT normalizado, que pode ser classificado de acordo com distâncias verticais relativas aos cursos d'água mais próximos, possibilitando classificar as áreas de acordo com cotas locais, ao invés da altura em relação nível do mar (Momo, et al., 2016).

Para a área de estudos, o arquivo MDT fornecido possui resolução espacial de 5,00 m, referente à Sub-bacia do Ribeirão das Anhumas e à Sub-bacia do Ribeirão das Pedras. A modelagem HAND levou em consideração o limiar de contribuição para a formação de rede de drenagem como sendo de 30.000 pixels. Com base nesta modelagem, foi elaborada a Carta de Suscetibilidade à Inundações Preliminar, que incluiu os pontos de ocorrências pretéritas de 2020/2021 fornecidos pela Defesa Civil de Campinas, e foi utilizada para orientar os trabalhos de campo na área de estudo (**Figura 4.2.1-2**).

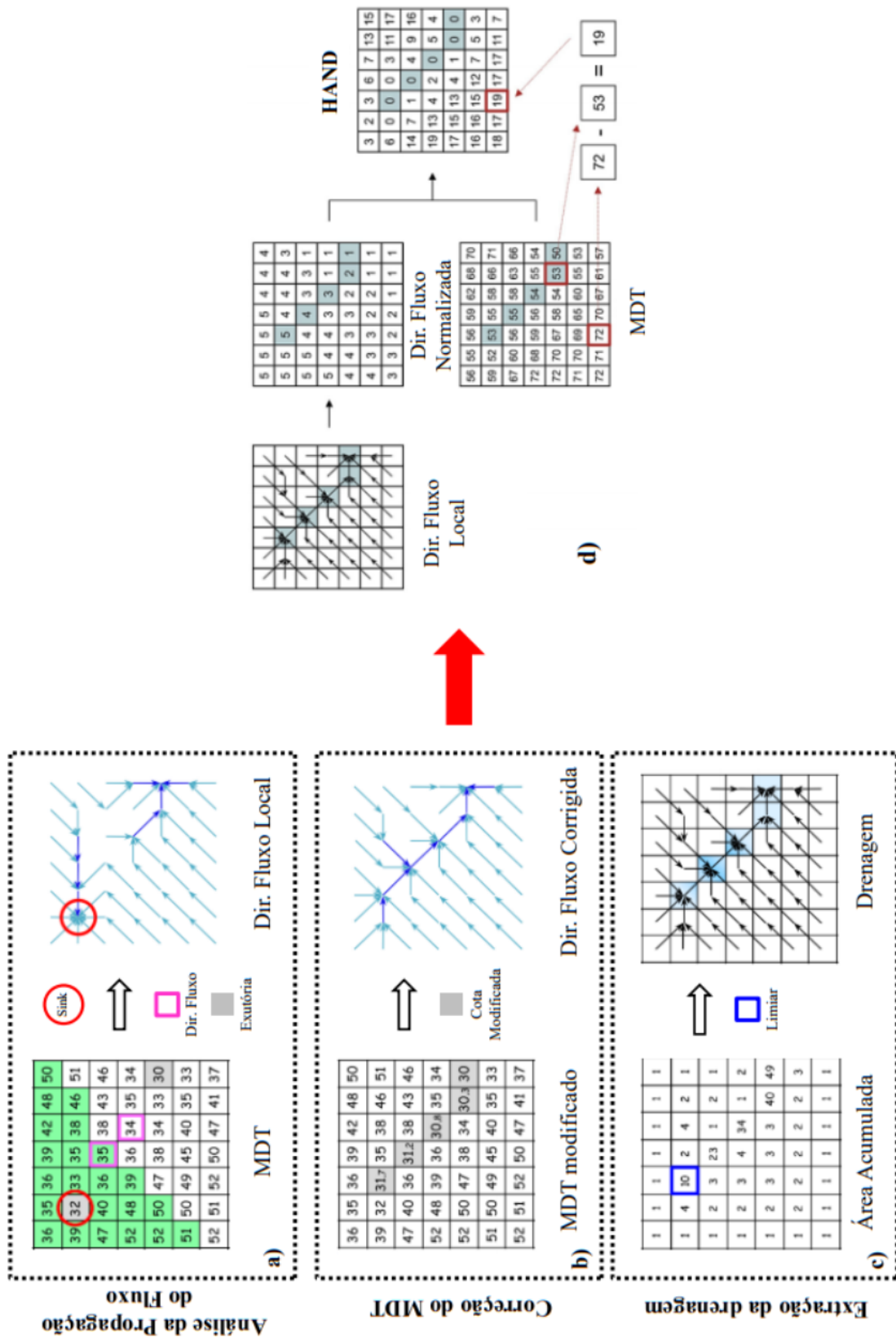


Figura 4.2.1-1. Etapas do HAND no TerraHidro: (a) consistência hidrológica; (b) determinação da direção de fluxo; (c) extração da rede de drenagem e (d) Normalização do MDE (Goerl, et al., 2017).

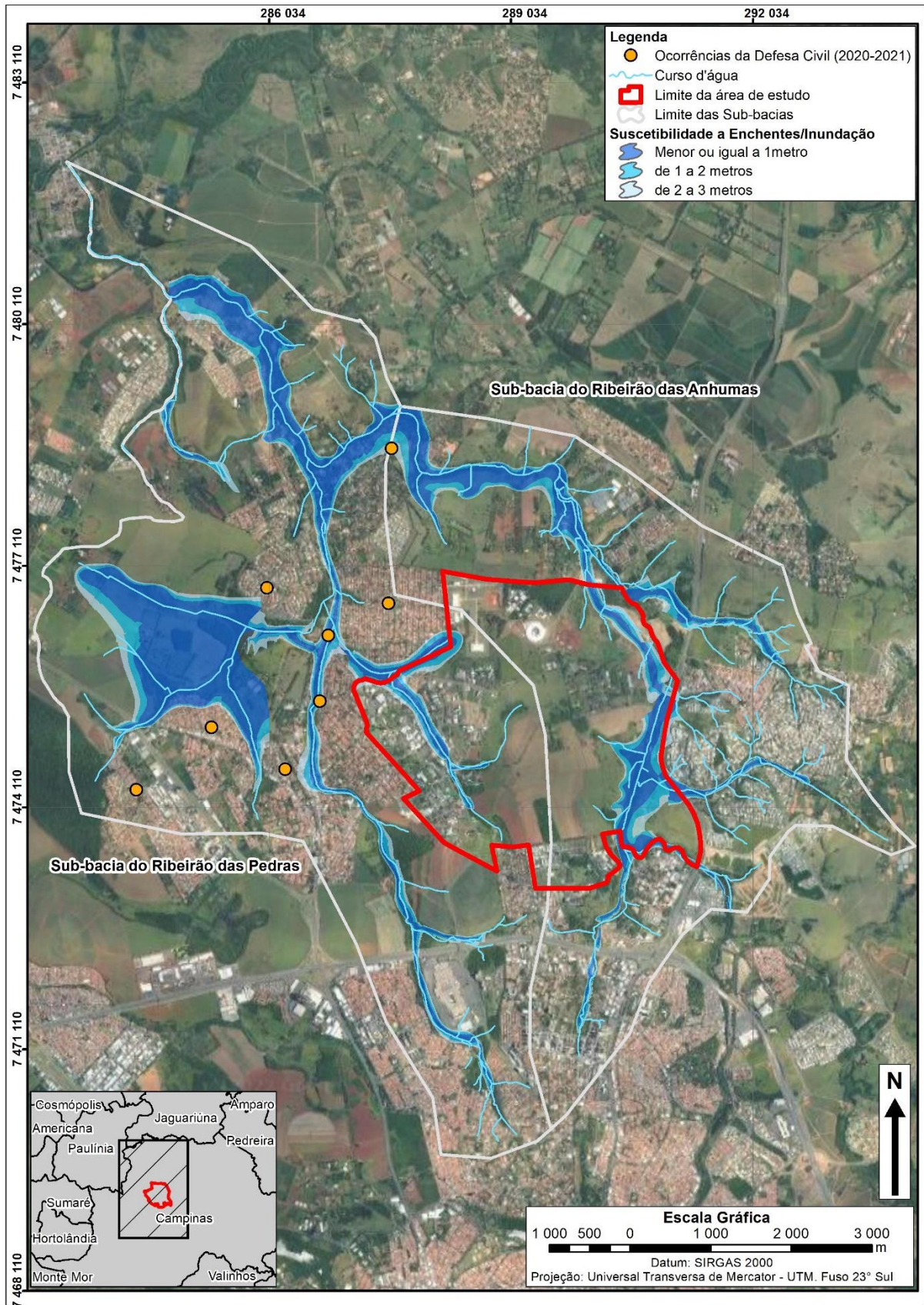


Figura 4.2.1-2. Carta de suscetibilidade a inundações preliminar, feito pela metodologia HAND para as sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2021).



4.2.2 DADOS DE PLUVIOMETRIA

A fim de identificar e caracterizar a incidência de chuva que pode deflagrar os processos de inundações, foram consultados os dados pluviométricos disponíveis na base de dados do Portal HidroWeb da ANA – Agência Nacional de Águas, uma ferramenta integrante do SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (<<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>). Na base de dados foram identificados 26 pluviômetros localizados no município de Campinas, ao avaliar o período de aquisição de dados, apenas três pluviômetros apresentavam histórico de dados que contemplam o período de fevereiro de 2003, a saber: a) Barão Geraldo (Código 02247042); b) Campinas-IA (Código 02247046); e c) Fazenda Monte D'Este (Código 02247041).

Os três pluviômetros evidenciaram um valor elevado de chuva acumulada em 24 h para o dia 18 de fevereiro de 2003, sendo o maior valor foi registrado pelo pluviômetro Barão Geraldo (121,1 mm de chuva), enquanto os pluviômetros Campinas-IA e Fazenda Monte D'Este registraram 117 mm e 95 mm, respectivamente.

O pluviômetro Barão Geraldo apresenta um histórico de dados que compreende o período de 1958 a 2020, totalizando 62 anos. No período foram identificadas apenas 6 datas com acumulados de chuva superiores a 120 mm em 24 h, com destaque para um acumulado de 164,1 mm de chuva registrados em 02 de janeiro de 1990, e 153,4 mm de chuva registrados em 25 de maio de 2005. No entanto, não houve registros de inundações decorrentes destes eventos ao longo das duas sub-bacias. A síntese dos dados das chuvas de maior incidência registradas ao longo de períodos de 24 h está apresentada na **Tabela 4.2.2-1**.

Tabela 4.2.2-1. Síntese dos dados das chuvas de maior incidência registradas ao longo de períodos de 24 h (dados do SNIRH).

Data	Volume (mm)
25/05/2005	153,4
18/02/2003	121,1
02/10/2001	130,5
25/12/1997	135,0
02/01/1990	164,1
08/03/1987	145,4

4.2.3 CARTA DE SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS DE INUNDAÇÕES

Após a realização das campanhas de mapeamento em campo (**Anexo E**), as áreas com histórico de processos de inundações tiveram suas “manchas de atingimento” delimitadas. Estas “manchas” correspondem aos trechos recobertos por água oriunda da extravasão dos canais dos cursos hídricos, atingindo os trechos próximos às suas margens, que podem pertencer às várzeas naturais ou, ainda, às áreas já ocupadas por edificações e vias.

Desta forma, para a suscetibilidade aos processos de inundações foram estabelecidos os seguintes critérios e classes:

- **Suscetibilidade alta:** trechos afetados por processos de inundações pretéritas, ao longo de todos os trechos de atingimento identificados;
- **Suscetibilidade baixa:** trechos identificados como áreas de várzea dos cursos hídricos, e que não foram afetados por processos de inundações pretéritas;
- **Suscetibilidade nula:** trechos que não foram identificados como áreas de várzea dos cursos hídricos, e que não foram afetados por processos de inundações pretéritas.



Desta forma, diferente dos processos geológicos, as áreas suscetíveis aos processos de inundações foram definidas em apenas duas classes de suscetibilidade, com a terceira classe (nula) sendo aplicada para os terrenos cuja morfologia, morfometria e geologia indicam que não há probabilidade de ocorrência de tais processos em sua superfície.

Os resultados obtidos na análise de suscetibilidade estão demonstrados nas **Tabelas 4.2.3-1 e 4.2.3-2** ilustrados na **Figura 4.2.3-1**, e. A Carta de Suscetibilidade aos Processos de Inundações, em escala de maior detalhe, está apresentada na **Figura 16** do **Anexo F**.

Tabela 4.2.3-1. Resultados obtidos na análise de suscetibilidade aos processos de inundações para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de Suscetibilidade aos Processos de Inundações e Unidade do Relevo	Quantidade de unidades de análise	Área (km²)	% da Área da sub-bacia
Alta	12	1,956	3,07%
Fundo de vale	11	1,930	3,03%
Talvegue	1	0,026	0,04%
Baixa	41	11,314	17,78%
Fundo de vale	19	8,106	12,74%
Talvegue	22	3,208	5,04%
Nula	366	50,352	79,14%
Cabeceira	31	6,042	9,50%
Topo de morro	34	12,716	19,99%
Vertente	301	31,593	49,66%
Total Geral	419	63,622	100%

Tabela 4.2.3-2. Resultados obtidos na análise de suscetibilidade aos processos de inundações para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de Suscetibilidade aos Processos Erosivos e Unidade do Relevo	Quantidade de unidades de análise	Área (km²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
Alta	1	0,211	1,90%	0,33%
Fundo de vale	1	0,211	1,90%	0,33%
Baixa	8	1,960	17,67%	3,08%
Fundo de vale	5	1,666	15,02%	2,62%
Talvegue	3	0,294	2,65%	0,46%
Nula	72	8,919	80,43%	14,02%
Cabeceira	5	1,350	12,17%	2,12%
Topo de morro	6	1,306	11,78%	2,05%
Vertente	61	6,264	56,48%	9,85%
Total Geral	81	11,090	100,00%	17,43%

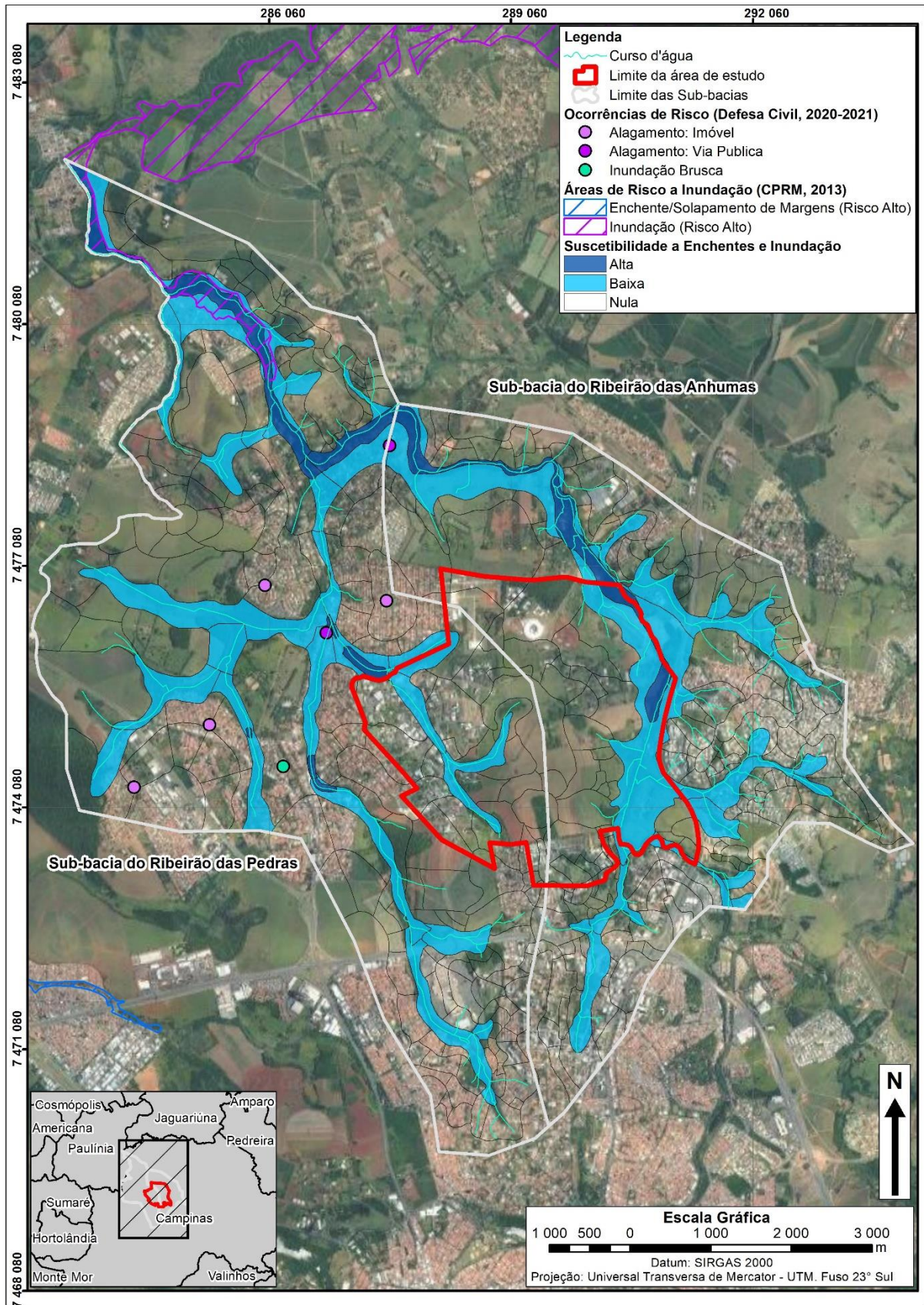


Figura 4.1.3-1. Representação da Carta de Suscetibilidade aos Processos de Inundações nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).



5 CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO AO USO

As Cartas Geotécnicas de Aptidão ao Uso têm como objetivo compartimentar e classificar o terreno de acordo com suas características favoráveis ou desfavoráveis aos tipos de ocupação pretendidos, bem como estabelecer as diretrizes para os diferentes usos do solo na área de estudo.

Para cada Carta de Aptidão ao Uso foi elaborada uma Tabela-Síntese, onde estão relacionados os compartimentos geológico-geotécnicos definidos, suas características e recomendações em relação à finalidade prevista, bem como a classificação da respectiva aptidão.

Em todas as Carta de Aptidão ao Uso, impróprias à ocupação urbana porque são protegidas por restrições legais e de conservação, como as Áreas de Preservação Permanente (APPs), denominadas Subunidade E.1, identificadas pela REGEA na caracterização preliminar realizada para este projeto, tiveram seu uso classificado como inapto, mantendo os limites estabelecidos por instrumentos legais que impedem o uso destas áreas, a despeito de suas características geológico-geotécnicas e respectiva aptidão ao uso. Estas áreas correspondem à 21,16% da área das Sub-Bacias e à 24,29% da área do projeto HIDS.



5.1 CARTA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE AOS DESASTRES NATURAIS

Esta carta geotécnica teve como finalidade identificar quais as áreas passíveis de urbanização frente à suscetibilidade de desastres naturais na área de estudo, indicando quais compartimentos têm maior ou menor adequabilidade à ocupação urbana, bem como indicando quais restrições ou cuidados deverão ser observados para que a ocupação pretendida possa ser realizada sem o aumento de problemas existentes ou a deflagração de novos eventos geodinâmicos no local.

Os resultados obtidos na análise de aptidão frente aos desastres naturais estão demonstrados nas **Tabelas 5.1-1 e 5.1-2** e ilustrados nas **Figuras 5.1-1** (para as Sub-bacias) e **5.1-2** (para a área do HIDS). A Carta de Aptidão à Urbanização Frente aos Desastres Naturais é apresentada nas **Figuras 17** (Sub-bacias) e **18** (HIDS) do **Anexo G**.

Tabela 5.1-1. Resultados obtidos na análise de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área das sub-bacias
Áreas aptas	219	36,019	56,61%
Cabeceira	5	1,866	2,93%
Topo de morro	34	12,144	19,09%
Vertente	180	22,010	34,59%
Áreas aptas com restrições	183	13,856	21,78%
Cabeceira	25	2,793	4,39%
Fundo de vale	19	3,443	5,41%
Talvegue	20	1,345	2,11%
Vertente	119	6,276	9,86%
Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	1	0,045	0,07%
Cabeceira	1	0,045	0,07%
Áreas inaptas	8	0,241	0,38%
Fundo de vale	7	0,236	0,37%
Talvegue	1	0,004	0,01%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
TOTAL GERAL	412	63,622	100,00%

Tabela 5.1-2. Resultados obtidos na análise de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
Áreas aptas	41	5,975	53,88%	9,39%
Cabeceira	1	0,474	4,27%	0,75%
Topo de morro	6	1,181	10,65%	1,86%
Vertente	34	4,320	38,95%	6,79%
Áreas aptas com restrições	36	2,422	21,84%	3,81%
Cabeceira	4	0,462	4,17%	0,73%
Fundo de vale	4	0,499	4,50%	0,78%
Talvegue	3	0,116	1,05%	0,18%
Vertente	25	1,344	12,12%	2,11%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
TOTAL GERAL	78	11,090	100,00%	17,43%

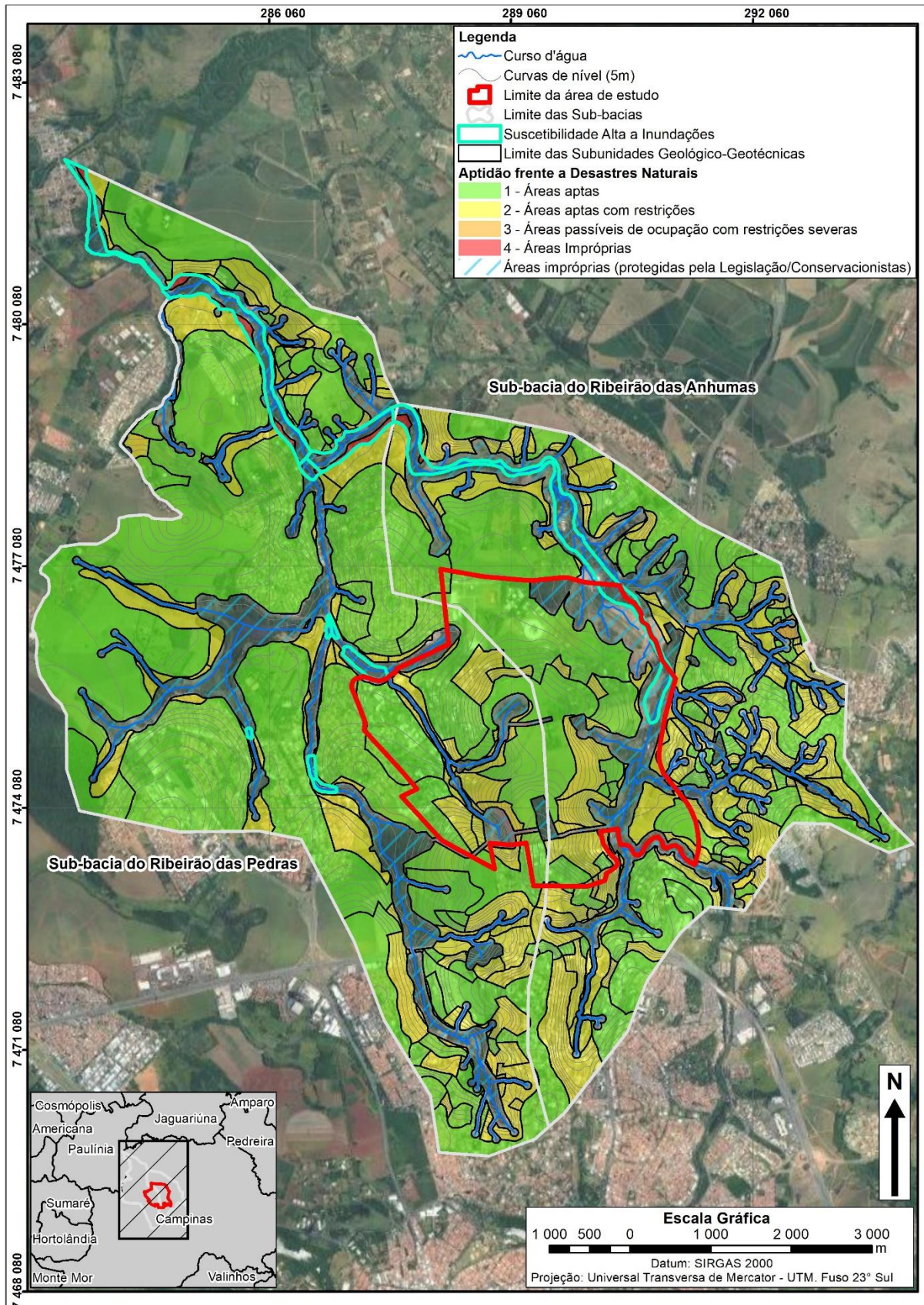


Figura 5.1-1. Representação da Carta de Aptidão à Urbanização Frente aos Desastres Naturais nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

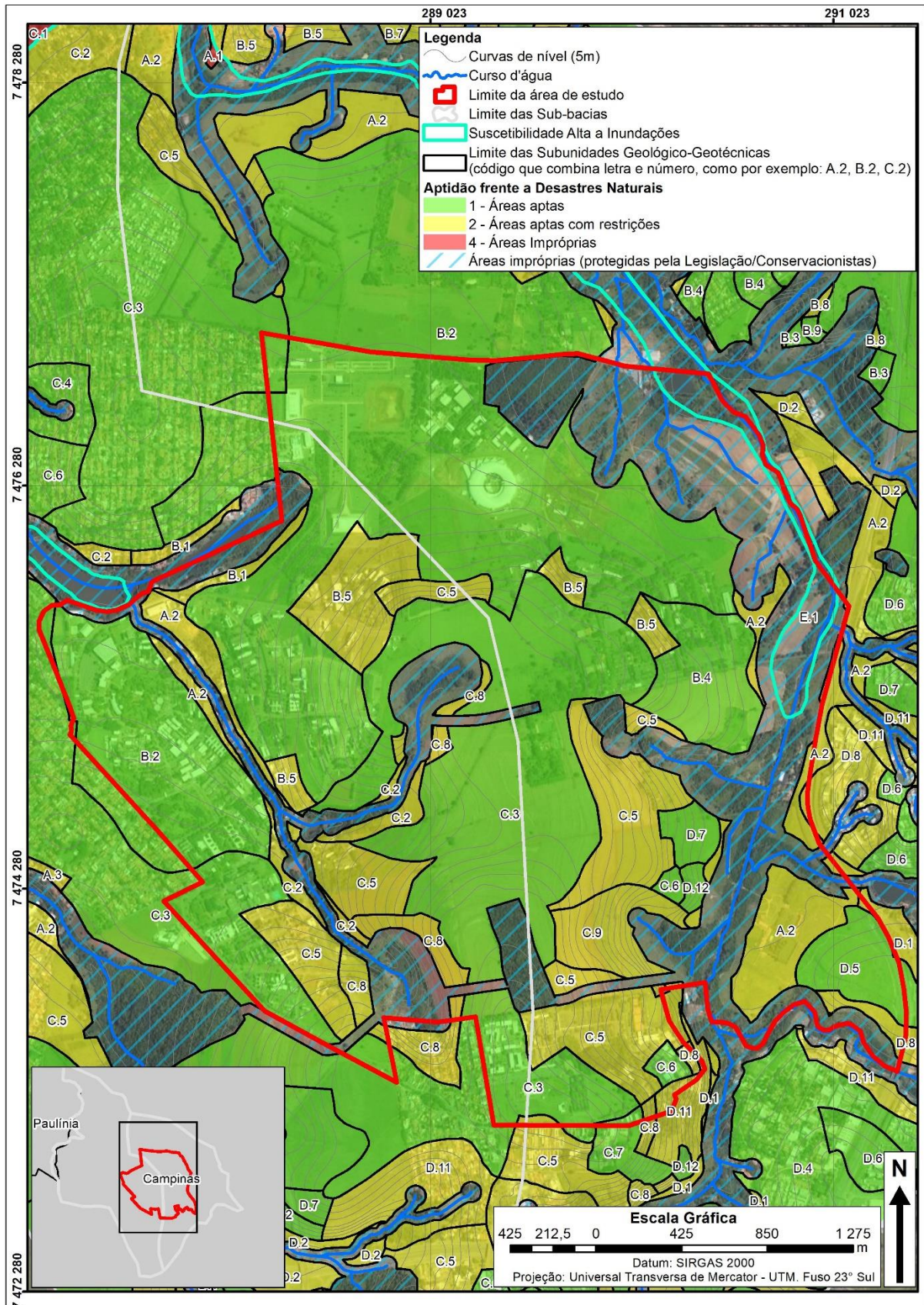


Figura 5.1-2. Representação da Carta de Aptidão à Urbanização Frente aos Desastres Naturais na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



5.1.1 APTO

- Caracterização:

Terrenos com baixa suscetibilidade à movimentação de massa, baixa à média suscetibilidade à erosão e suscetibilidade à inundação nula (B2, B3, B4, B9, C3, C4, C6, C7, D3, D4, D5, D6, D7 e D12).

Nessas áreas ocorrem rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, bem como respectivos solos residuais.

Morfologicamente, são predominantemente caracterizadas por topografias suavizadas em topos de morros e cabeceiras, com declividades de até 15%, e vertentes predominantemente divergentes, com declividades em geral de até 15% e localmente até 60%.

- Problemas esperados:

Áreas passíveis e favoráveis à ocupação urbana, não exigindo práticas especiais em projetos de parcelamento, pois não são esperados problemas relacionados aos desastres naturais.

- Ocorrência:

As áreas aptas frente aos problemas relacionados aos desastres naturais representam 56,61% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 53,88% do território do HIDS.

5.1.2 APTO COM RESTRIÇÕES

- Caracterização:

Os terrenos podem ser agrupados em três classes quanto às suscetibilidades aos desastres naturais:

- a) Baixa suscetibilidade à inundação, associado a baixa suscetibilidade à movimentação de massa e baixa à média suscetibilidade à erosão: ocorrem em todas as litologias presentes na área e respectivos solos residuais, predominantemente em fundos de vales e talwegues, que apresentam declividades suavizadas de até 15% (A.2, B.1, C.2, D.1, D.2);
- b) Baixa suscetibilidade à inundação, associado à média suscetibilidade à movimentação de massa e média suscetibilidade à erosão: ocorrem de maneira localizada, apenas em áreas de ocorrência de depósitos aluvionares com vertentes convergentes e planares e declividades de até 30% (A.3);
- c) Média suscetibilidade à movimentação de massa, associado à média a alta suscetibilidade à erosão: ocorrem em rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, e respectivos solos residuais. Correspondem às áreas de cabeceira e vertentes convergentes e planares, com declividades pouco mais acentuadas, entre 15% e 60% (B.5, B.6, B.7, B.8, C.5, C.8, C.9, D.8, D.9, D.10, D.11).

- Problemas esperados:



Áreas passíveis de ocupação urbana que exigem cuidados especiais de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados aos desastres naturais, sendo eles:

- a) Baixa suscetibilidade à inundação, associado a baixa suscetibilidade à movimentação de massa e baixa à média suscetibilidade à erosão: Há possibilidade de atingimento por processos de inundações, embora não haja histórico recente registrado no local. Nas áreas de solo exposto, há possibilidade de desenvolvimento de processos erosivos restritos que podem evoluir para erosões lineares em taludes de corte ou de aterro sem tratamento geotécnico adequado;
- b) Baixa suscetibilidade à inundação, associado à média suscetibilidade à movimentação de massa e média suscetibilidade à erosão: Há possibilidade de atingimento por processos de inundações, embora não haja histórico recente registrado no local. Nas áreas de solo exposto, há possibilidade de desenvolvimento de processos erosivos restritos que podem evoluir para erosões lineares e deflagração de movimentos de massa em taludes de corte ou de aterro sem tratamento geotécnico adequado;
- c) Média suscetibilidade à movimentação de massa, associado à média a alta suscetibilidade à erosão: Nas áreas de solo exposto, há possibilidade de desenvolvimento de processos erosivos restritos que podem evoluir para erosões lineares e deflagração de movimentos de massa em taludes de corte ou de aterro sem tratamento geotécnico adequado.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições frente aos problemas relacionados aos desastres naturais representam 21,78% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 21,84% do território do HIDS.

5.1.3 APTO COM RESTRIÇÕES SEVERAS

- Caracterização:

Terrenos que apresentam alta suscetibilidade à movimentação de massa e média suscetibilidade à erosão e suscetibilidade à inundação nula (D13).

Nessas áreas ocorrem rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, e respectivos solos residuais.

Morfologicamente, é caracterizada por topografias acidentada em zona de cabeceira, com declividades superiores a 60%.

- Problemas esperados:

Áreas passíveis de ocupação urbana que impõe diretrizes rígidas de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados aos desastres naturais.

Nas áreas de solo exposto ou sem tratamento geotécnico adequado, há possibilidade de desenvolvimento de processos erosivos difusos e lineares, bem como deflagração de movimentos de massa em taludes naturais, de corte ou de aterro.

- Ocorrência:



As áreas aptas com restrições severas frente aos problemas relacionados aos desastres naturais representam 0,07% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e não ocorrem no território do HIDS.

5.1.4 INAPTO

- Caracterização:

Terrenos que apresentam alta suscetibilidade à inundação, associada a baixa suscetibilidade à movimentação de massa e baixa suscetibilidade à erosão (A1, C1), além daquelas impróprias à ocupação urbana pois são protegidas por lei (Áreas de Preservação Permanente – APP) (E.1).

Nessas áreas ocorrem depósitos aluvionares e rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, e respectivo solo residual.

Morfologicamente, é caracterizada por topografias suavizadas em fundo de vales e talvegues, com declividades de até 15%.

- Problemas esperados:

Áreas impróprias à ocupação urbana frente aos problemas relacionados aos desastres naturais. Ocorrência de inundações e enchentes, com níveis de atingimento podendo afetar vias, edificações e taludes marginais aos cursos hídricos.

- Ocorrência:

As áreas inaptas frente aos problemas relacionados aos desastres naturais representam 0,38% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e não ocorrem no território do HIDS. Ocorrem, ainda, as áreas inaptas por restrições legais e de conservação, protegidas por legislações federal e municipal (E.1), que correspondem à 21,16% da área das Sub-Bacias e à 24,29% da área do HIDS.



5.2 CARTA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE ÀS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Esta carta geotécnica teve como finalidade identificar quais as áreas passíveis de urbanização em relação às suas características geotécnicas do substrato, como compactidade ou consistência do solo, graus de alteração de maciços rochosos, espessura das camadas de solos residuais e de solos saprolíticos etc. Nesta carta são indicados quais compartimentos têm maior ou menor adequabilidade à ocupação urbana de acordo com estas características, bem como são apontadas as restrições ou cuidados que deverão ser observados para atender às boas práticas de engenharia.

Os resultados obtidos na análise de aptidão frente às características geotécnicas estão demonstrados nas **Tabelas 5.2-1 e 5.2-2** e ilustrados nas **Figuras 5.2-1** (para as Sub-bacias) e **5.2-2** (para a área do HIDS). A Carta de Aptidão à Urbanização Frente às Características Geotécnicas é apresentada nas **Figuras 19** (Sub-bacias) e **20** (HIDS) do **Anexo G**.

Tabela 5.2-1. Resultados obtidos na análise de aptidão à urbanização frente às características geotécnicas para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão à urbanização frente às características geotécnicas	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área das sub-bacias
Áreas aptas	361	45,070	70,84%
Cabeceira	31	4,703	7,39%
Topo de morro	34	12,144	19,09%
Vertente	296	28,222	44,36%
Áreas aptas com restrições	31	2,843	4,47%
Fundo de vale	13	1,586	2,49%
Talvegue	18	1,257	1,98%
Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	19	2,249	3,54%
Fundo de vale	13	2,094	3,29%
Talvegue	3	0,092	0,14%
Vertente	3	0,064	0,10%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
TOTAL GERAL	412	63,622	100%

Tabela 5.2-2. Resultados obtidos na análise de aptidão à urbanização frente às características geotécnicas para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão à urbanização frente às características geotécnicas	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
Áreas aptas	70	7,782	70,17%	12,23%
Cabeceira	5	0,936	8,44%	1,47%
Topo de morro	6	1,181	10,65%	1,86%
Vertente	59	5,665	51,08%	8,90%
Áreas aptas com restrições	5	0,158	1,43%	0,25%
Fundo de vale	2	0,042	0,38%	0,07%
Talvegue	3	0,116	1,05%	0,18%
Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	2	0,457	4,12%	0,72%
Fundo de vale	2	0,457	4,12%	0,72%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
TOTAL GERAL	78	11,090	100,00%	17,43%

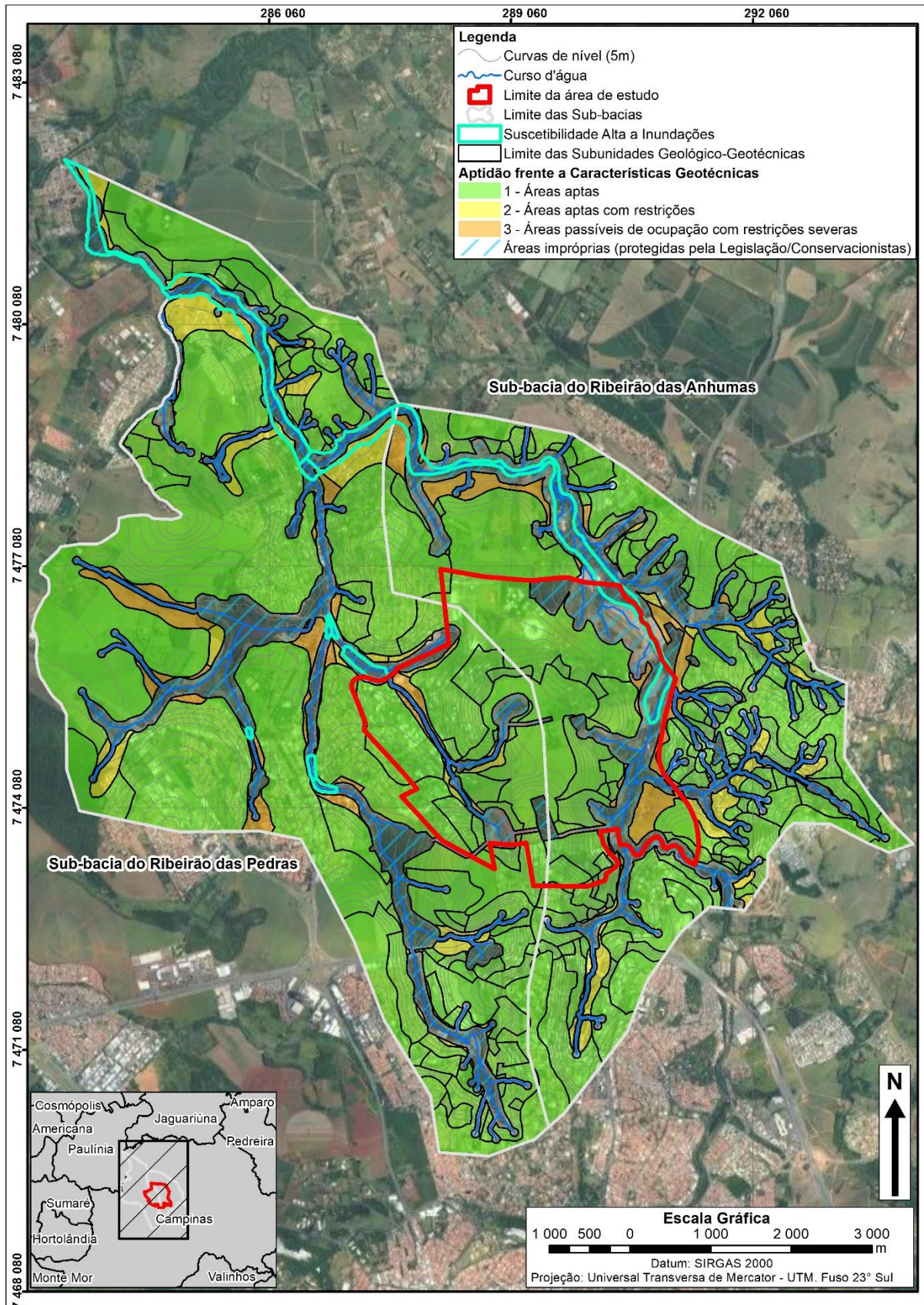


Figura 5.2-1. Representação da Carta de Aptidão à Urbanização Frente às Características Geotécnicas nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

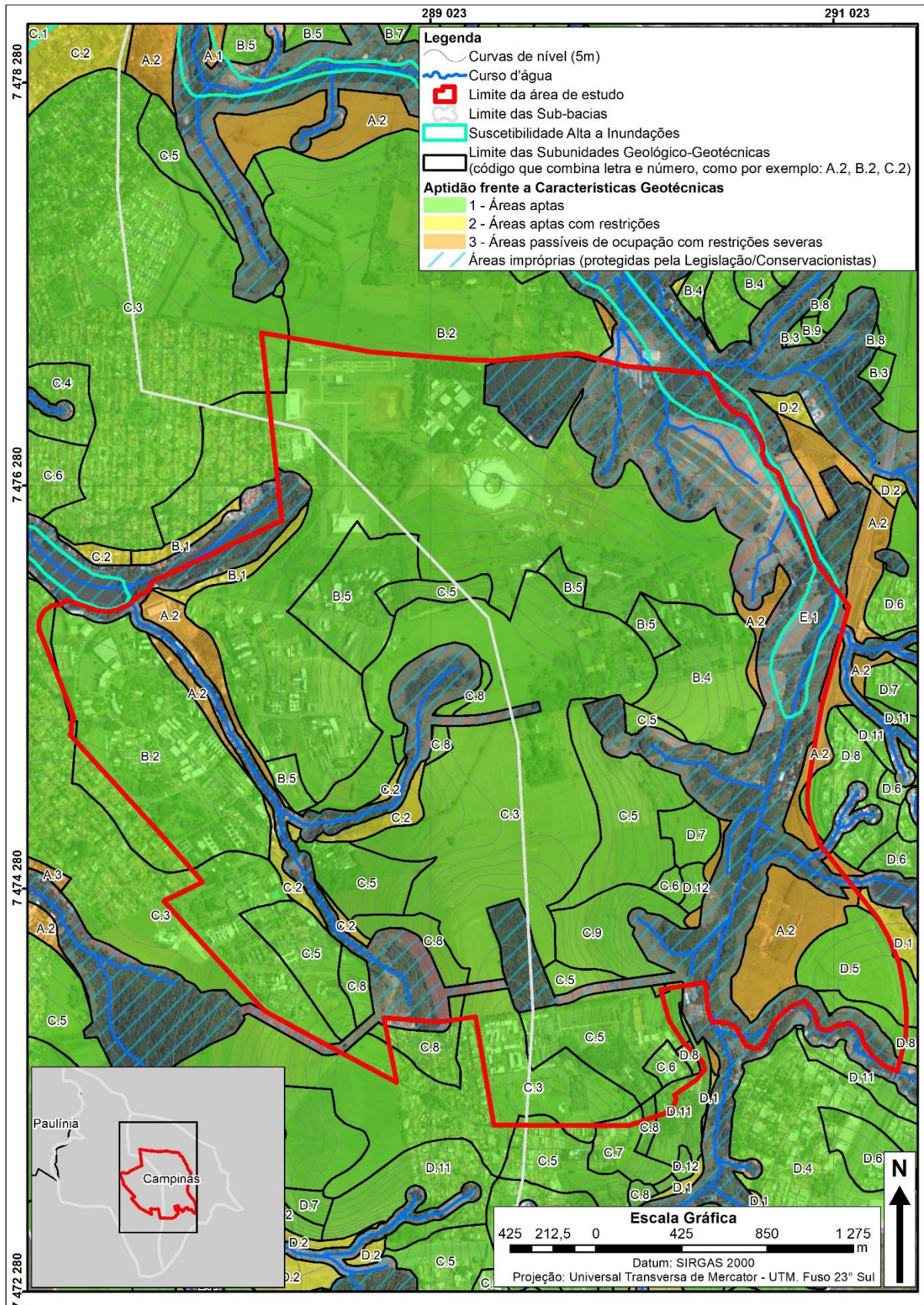


Figura 5.2-2. Representação da Carta de Aptidão à Urbanização Frente às Características Geotécnicas na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



5.2.1 APTO

- Caracterização:

Morfologicamente, são áreas caracterizadas por topos de morros, cabeceiras e vertentes, onde se espera a ocorrência de lençol freático profundo (mais de 10m de profundidade).

Os terrenos apresentam três classes quanto às características geológico-geotécnicas:

- a) Rochas sedimentares do Subgrupo Itararé: ocorrência de rocha branda e solo residual predominantemente areno-argiloso com horizontes argilo-siltoso. Em declividades de até 30% apresentam predomínio de solos profundos (acima de 10 m de profundidade) apresentando resistência mecânica baixa à média nos cinco primeiros metros (B2, B3, B4, B5 e B6). Em declividades entre 30% e 60% apresentam predomínio de solos pouco profundos (entre 2 m e 10 m de profundidade) apresentando resistência mecânica baixa à alta já nos cinco primeiros metros (B7, B8 e B9).
- b) Rochas vulcânicas da Formação Serra Geral: Rocha muito dura, medianamente a muito fraturada, com fraturas possivelmente preenchidas por argilominerais expansíveis, e solo residual essencialmente argiloso a argilo-siltoso, normalmente com presença de matacões. Em declividades de até 30% apresentam predomínio de solos profundos (acima de 10m de profundidade) apresentando resistência mecânica baixa à média nos cinco primeiros metros (C3, C4, C5, C6 e C7). Em declividades entre 30% e 60% apresentam predomínio de solos pouco profundos (entre 2 m e 10 m de profundidade) apresentando resistência mecânica baixa à alta nos cinco primeiros metros (C8 e C9).
- c) Rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaquariúna e Complexo Itapira: Rocha muito dura, medianamente a pouco fraturada, e solo residual predominantemente argilo-arenoso nos primeiros metros e essencialmente arenoso maiores profundidades, normalmente com presença de matacões. Em declividades de até 30% apresentam predomínio de solos profundos (acima de 10 m de profundidade) apresentando resistência mecânica baixa à alta nos cinco primeiros metros (D3, D4, D5, D6, D7, D8 e D9). Em declividades entre 30% e 60% apresentam predomínio de solos pouco profundos (entre 2 m e 10 m de profundidade) apresentando resistência mecânica baixa à alta já nos cinco primeiros metros (D10, D11 e D12). Em declividades acima de 60% apresentam predomínio de solos rasos (até 2 m de profundidade) apresentando resistência mecânica média à alta (D13).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis e favoráveis à ocupação urbana, não exigindo práticas especiais em projetos de parcelamento, pois não são esperados problemas relacionados às características geotécnicas dos terrenos.

- Ocorrência:

As áreas aptas frente aos problemas relacionados às características geotécnicas dos terrenos representam 70,84% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 70,17% do território do HIDS.



5.2.2 APTO COM RESTRIÇÕES

- Caracterização:

Morfologicamente, são áreas caracterizadas por fundo de vales e talwegues, onde se espera a ocorrência de lençol freático pouco profundo (de 2 m a 10 m de profundidade).

Os terrenos apresentam três classes quanto às características geológico-geotécnicas:

- a) Rochas sedimentares do Subgrupo Itararé: ocorrência de rocha branda e solo residual predominantemente areno-argiloso com horizontes argilo-siltoso, apresentando predomínio de solos profundos (acima de 10 m de profundidade) e resistência mecânica baixa à média nos primeiros metros (B1);
- b) Rochas vulcânicas da Formação Serra Geral: Rocha muito dura, medianamente a muito fraturada, com fraturas possivelmente preenchidas por argilominerais expansíveis, e solo residual essencialmente argiloso a argilo-siltoso, normalmente com presença de matacões, apresentando predomínio de solos profundos (acima de 10 m de profundidade) e resistência mecânica baixa à média nos primeiros metros (C1 e C2);
- c) Rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira: Rocha muito dura, medianamente a pouco fraturada, e solo residual predominantemente argilo-arenoso nos primeiros metros e essencialmente arenoso maiores profundidades, normalmente com presença de matacões, apresentando predomínio de solos profundos (acima de 10 m de profundidade) e resistência mecânica baixa à alta nos primeiros metros (D1 e D2).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis de ocupação urbana que exigem cuidados especiais de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados à ocorrência de lençol freático pouco profundo.

Nesses terrenos, espera-se maior concentração de escoamento de águas pluviais em períodos chuvosos intensos e, nas áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, há possibilidade de afloramento do lençol freático em períodos chuvosos intensos.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições frente aos problemas relacionados às características geotécnicas dos terrenos representam 4,47% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 1,43% do território do HIDS.

5.2.3 APTO COM RESTRIÇÕES SEVERAS

- Caracterização:

Nessas áreas ocorrem depósitos aluvionares caracterizados por sedimentos argilo-arenosos inconsolidados, que apresentam espessura variável e resistência mecânica baixa, com possível presença de solo mole e matacões, frequentemente em estado de saturação.

Morfologicamente, são áreas caracterizadas por fundo de vales, talwegues e vertentes, com declividades de até 15%, onde se espera a ocorrência de lençol freático raso (inferior a 2 m de profundidade) (A1, A2 e A3).

- Problemas esperados:



Áreas passíveis de ocupação urbana que impõe diretrizes rígidas de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados às características geotécnicas dos terrenos.

Nesses terrenos há dificuldade de implantação de edificações e infraestrutura, devido a baixa resistência do solo, além da dificuldade no escoamento das águas superficiais.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições severas frente aos problemas relacionados às características geotécnicas dos terrenos representam 3,54% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 4,12% do território do HIDS.

5.2.4 INAPTO

Não foram identificadas áreas inaptas frente aos problemas relacionados às características geotécnicas dos terrenos, além das áreas de restrições legais e de conservação, protegidas por legislações federal e municipal (E.1), que correspondem à 21,16% da área das Sub-Bacias e à 24,29% da área do HIDS.



5.3 CARTA DE APTIDÃO À CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS

A carta de aptidão à construção de estradas visa identificar quais as áreas adequadas à instalação de vias sobre seu substrato com mínima necessidade de intervenção, quais compartimentos precisam sofrer intervenções de maior porte para instalação de vias, e quais compartimentos são inadequados à construção de vias sobre seu substrato.

Os resultados obtidos na análise de aptidão à construção de estradas estão demonstrados nas **Tabelas 5.3-1** e **5.3-2** e ilustrados nas **Figuras 5.3-1** (para as Sub-bacias) e **5.3-2** (para a área do HIDS). A Carta de Aptidão à Construção de Estradas é apresentada nas **Figuras 21** (Sub-bacias) e **22** (HIDS) do **Anexo G**.

Tabela 5.3-1. Resultados obtidos na análise de aptidão à urbanização frente à construção de estradas para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão à urbanização frente à construção de estradas	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área das sub-bacias
Áreas aptas	203	36,209	56,91%
Cabeceira	5	1,866	2,93%
Fundo de vale	13	1,586	2,49%
Talvegue	18	1,257	1,98%
Topo de morro	34	12,144	19,09%
Vertente	133	19,357	30,43%
Áreas aptas com restrições	138	8,574	13,48%
Cabeceira	7	0,661	1,04%
Vertente	131	7,914	12,44%
Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	69	5,333	8,38%
Cabeceira	18	2,132	3,35%
Fundo de vale	13	2,094	3,29%
Talvegue	3	0,092	0,14%
Vertente	35	1,015	1,60%
Áreas inaptas	1	0,045	0,07%
Cabeceira	1	0,045	0,07%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
TOTAL GERAL	412	63,622	100,00%

Tabela 5.3-2. Resultados obtidos na análise de aptidão à urbanização frente à construção de estradas para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão à urbanização frente à construção de estradas	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
Áreas aptas	40	5,663	51,06%	8,90%
Cabeceira	1	0,474	4,27%	0,75%
Fundo de vale	2	0,042	0,38%	0,07%
Talvegue	3	0,116	1,05%	0,18%
Topo de morro	6	1,181	10,65%	1,86%
Vertente	28	3,850	34,71%	6,05%
Áreas aptas com restrições	26	1,875	16,90%	2,95%
Cabeceira	1	0,114	1,03%	0,18%
Vertente	25	1,761	15,88%	2,77%
Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	11	0,859	7,75%	1,35%
Cabeceira	3	0,348	3,14%	0,55%
Fundo de vale	2	0,457	4,12%	0,72%
Vertente	6	0,054	0,49%	0,09%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
TOTAL GERAL	78	11,090	100,00%	17,43%

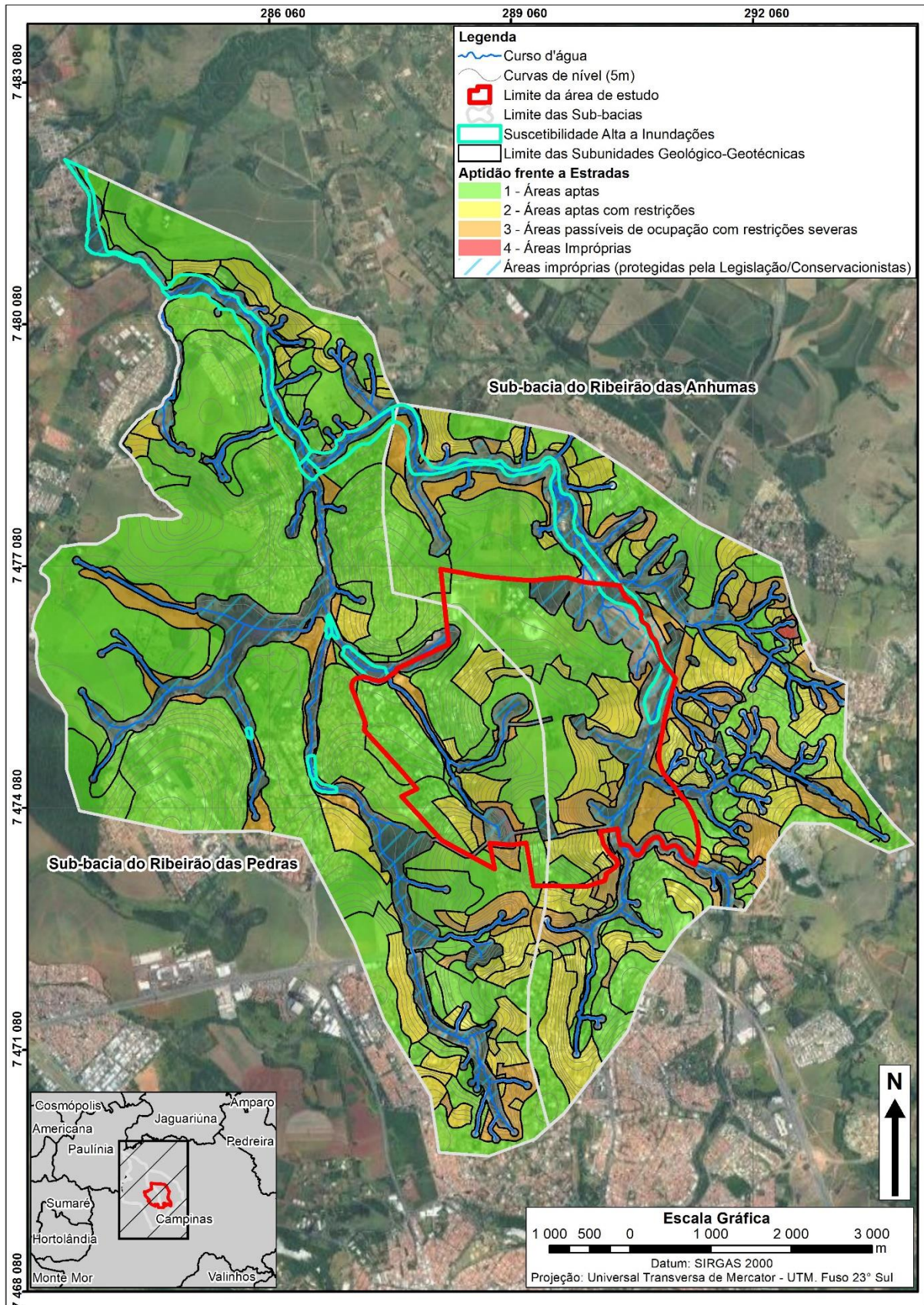


Figura 5.3-1. Representação da Carta de Aptidão à Construção de Estradas nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

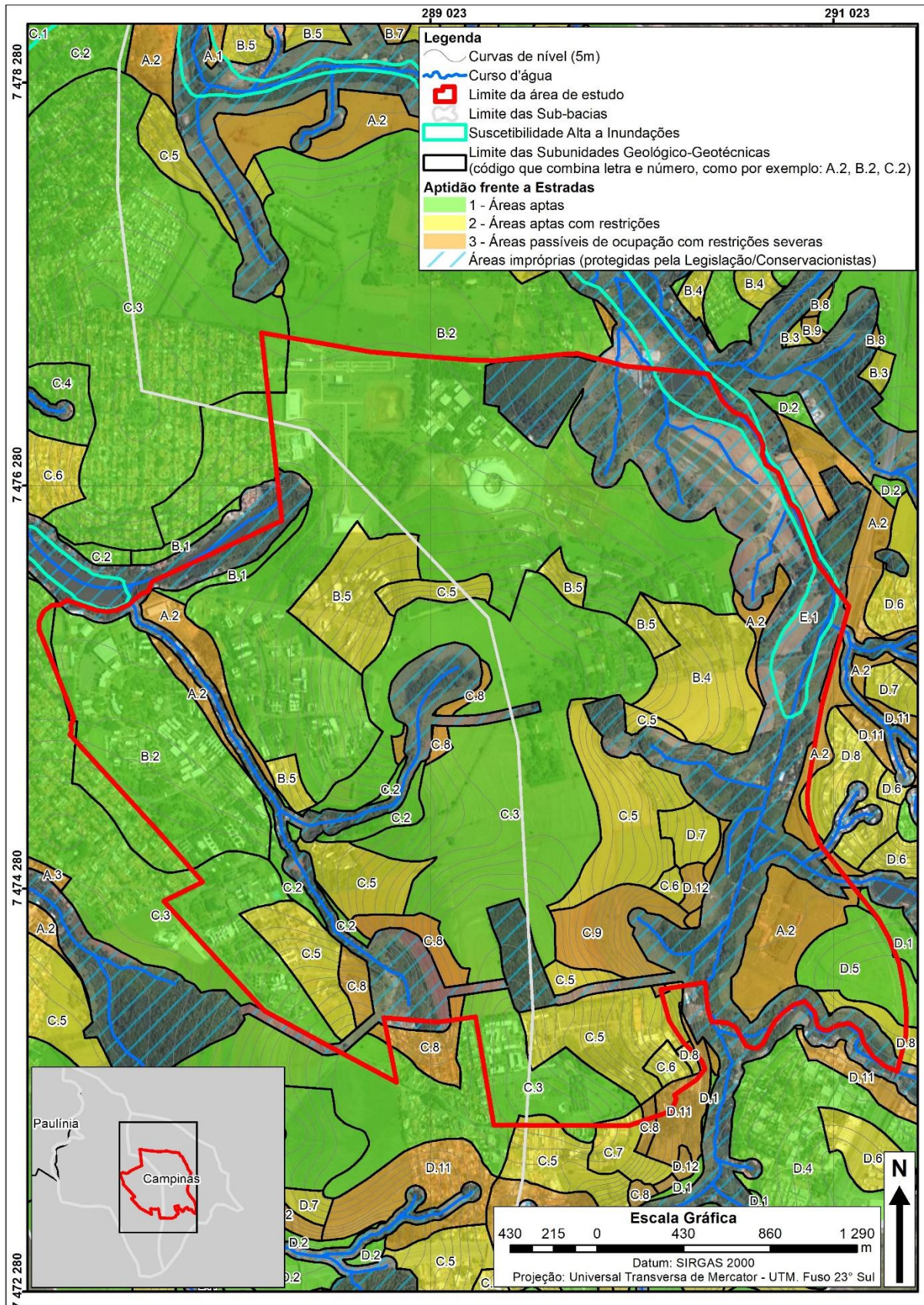


Figura 5.3-2. Representação da Carta de Aptidão à Construção de Estradas na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



5.3.1 APTO

- Caracterização:

Morfologicamente, as áreas são predominantemente caracterizadas por topografias suavizadas, com declividades de até 15%, com ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, bem como respectivos solos residuais (B1, B2, C1, C3, C4, D1, D2, D3, D4 e D5).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis e favoráveis à ocupação urbana, não exigindo práticas especiais em projetos de parcelamento, pois não são esperados problemas relacionados à construção de estradas.

Nesses terrenos a topografia é favorável a implantação de estradas ortogonais e paralelas às curvas de nível.

- Ocorrência:

As áreas aptas frente aos problemas relacionados à construção de estradas representam 56,91% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 51,06% do território do HIDS.

5.3.2 APTO COM RESTRIÇÕES

- Caracterização:

Morfologicamente, as áreas são predominantemente caracterizadas por topografias pouco acidentada, com declividades predominantemente entre 15% e 30%, em zona de cabeceiras e vertentes, com ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, bem como respectivos solos residuais (B3, B4, B5, B6, C5, C6, C7, D6, D7, D8 e D9).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis de ocupação urbana que exigem cuidados especiais de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados à construção de estradas.

Nesses terrenos a topografia condiciona a implantação de estradas paralelas às curvas de nível ou intervenções para redução da declividade da rampa com execução de corte/aterro com obras de estabilização de encostas de pequena à média magnitude.

Ocorrência de processos erosivos difusos que podem evoluir para lineares, bem como deflagração de movimentos de massa em trechos de solo exposto, principalmente nos terrenos de maior concentração do escoamento de águas pluviais.

Podem ocorrer movimentos de massa associados à percolação de água nas fraturas, juntas ou diáclases, tanto em rocha quanto reliquiaries no solo, além de saturação de argilas expansivas que preencham fraturas de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.



- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições frente aos problemas relacionados à construção de estradas representam 13,48% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 16,90% do território do HIDS.

5.3.3 APTO COM RESTRIÇÕES SEVERAS

- Caracterização:

Os terrenos apresentam duas classes quanto às características morfológicas e geológico-geotécnicas:

- a) Depósitos aluvionares: terrenos caracterizados por topografia suavizada a ondulada (até 30%) em zonas de fundo de vales, talwegues e vertentes, onde se espera a ocorrência de lençol freático raso (inferior a 2m de profundidade) (A1, A2 e A3);
- b) Rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira: terrenos caracterizados por topografia acidentada (entre 30% e 60%) em zonas de cabeceiras e vertentes (B7, B8, B9, C8, C9, D10, D11 e D12).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis de ocupação urbana que impõe diretrizes rígidas de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados à construção de estradas, sendo eles:

- a) Depósitos aluvionares: terrenos com declividades acima de 15% condicionam a implantação de estradas paralelas às curvas de nível. A presença de solos de baixa resistência mecânica pode provocar recalques de aterros;
- b) Rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira: a topografia condiciona a implantação de estradas paralelas às curvas de nível ou intervenções para redução da declividade da rampa com execução de corte/aterro com obras de estabilização de encostas de média à grande magnitude, com sistema de drenagem completo. Ocorrência de processos erosivos lineares, bem como deflagração de movimentos de massa em trechos de solo exposto, principalmente nos terrenos de maior concentração do escoamento de águas pluviais. Em trechos de exposições rochosas e solos reliquias podem ocorrer movimentos de massa associados à percolação de água em estruturas sedimentares como estratificação, fraturas, juntas e diaclases, além de saturação de argilas expansivas que preencham fraturas de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições severas frente aos problemas relacionados à construção de estradas representam 8,38% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 7,75% do território do HIDS.



5.3.4 INAPTO

- Caracterização:

Terrenos que apresentam declividade muito acentuada em zona de cabeceira, com declividade superior à 60% (D13), além daquelas impróprias à ocupação urbana pois são protegidas por lei (Áreas de Preservação Permanente – APP) (E.1).

Nessas áreas ocorrem rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, e respectivos solos residuais.

- Problemas esperados:

Áreas impróprias à ocupação urbana frente aos problemas relacionados à construção de estradas. Em decorrência da declividade do relevo, os processos erosivos lineares e deflagração de movimentos de massa em trechos de solo exposto podem ser acelerados, principalmente nos terrenos de maior concentração do escoamento de águas pluviais. Podem ocorrer movimentos de massa associados à percolação de água nas fraturas, juntas ou diáclases, tanto em rocha quanto reliquias no solo.

- Ocorrência:

As áreas inaptas frente aos problemas relacionados aos desastres naturais representam 0,07% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e não ocorrem no território do HIDS, com exceção feitas às áreas de restrições legais e de conservação, protegidas por legislações federal e municipal (E.1), que correspondem à 21,16% da área das Sub-Bacias e à 24,29% da área do HIDS.



5.4 CARTA DE APTIDÃO ÀS ESCAVAÇÕES

Nesta carta de aptidão às escavações, os compartimentos geológico-geotécnicos foram identificados em relação aos graus de escavabilidade e/ou de escarificabilidade do material do substrato, fornecendo informações para futuras construções de estruturas e obras lineares para instalação de dutos ou vias. O grau de escavabilidade está definido na **Tabela 5.4-1**, enquanto o grau de escarificabilidade está apresentado na **Tabela 5.4-2**, adaptados de ABGE (1998).

Tabela 5.4-1. Classificação dos solos quanto à escavabilidade (Adaptado de ABGE, 1998).

GRUPO	MATERIAL	EXEMPLO	CARACTERÍSTICA
1	Friável e fluente	Areia, solo vegetal, turfa, areia movediça	Partículas separadas ou muito pouco ligadas
2	Material brando	Solos argilosos	Partículas coesivas facilmente penetráveis por ferramentas e sem resistência à separação
3	Rocha branda	Folhelhos, arenitos, carvão, calcários, etc.	Razoavelmente dura, fácil de ser britada, fragmentos separam-se ao longo de diversas fissuras
4	Rocha dura	Arenitos compactos, granitos, migmatitos	Alta resistência à penetração e desagregação
5	Rocha muito dura	Quartzitos, diabásios, rochas porfíricas	Altíssima resistência à penetração e desagregação

Tabela 5.4-2. Classificação dos solos quanto à escarificabilidade (Adaptado de ABGE, 1998).

CATEGORIA DO MATERIAL	CARACTERÍSTICA DO MATERIAL
1 ^a	Escavável com equipamento normal ou com uso de escarificador em trator D-9
2 ^a	Transição
3 ^a	Escavação por explosivo

Os resultados obtidos na análise de aptidão às escavações estão ilustrados nas **Figuras 5.4-1** (para as Sub-bacias) e **5.4-2** (para a área do HIDS) e demonstrados nas **Tabelas 5.4-3** e **5.4-4**. A Carta de Aptidão às Escavações é apresentada nas **Figuras 23** (Sub-bacias) e **24** (HIDS) do **Anexo G**.

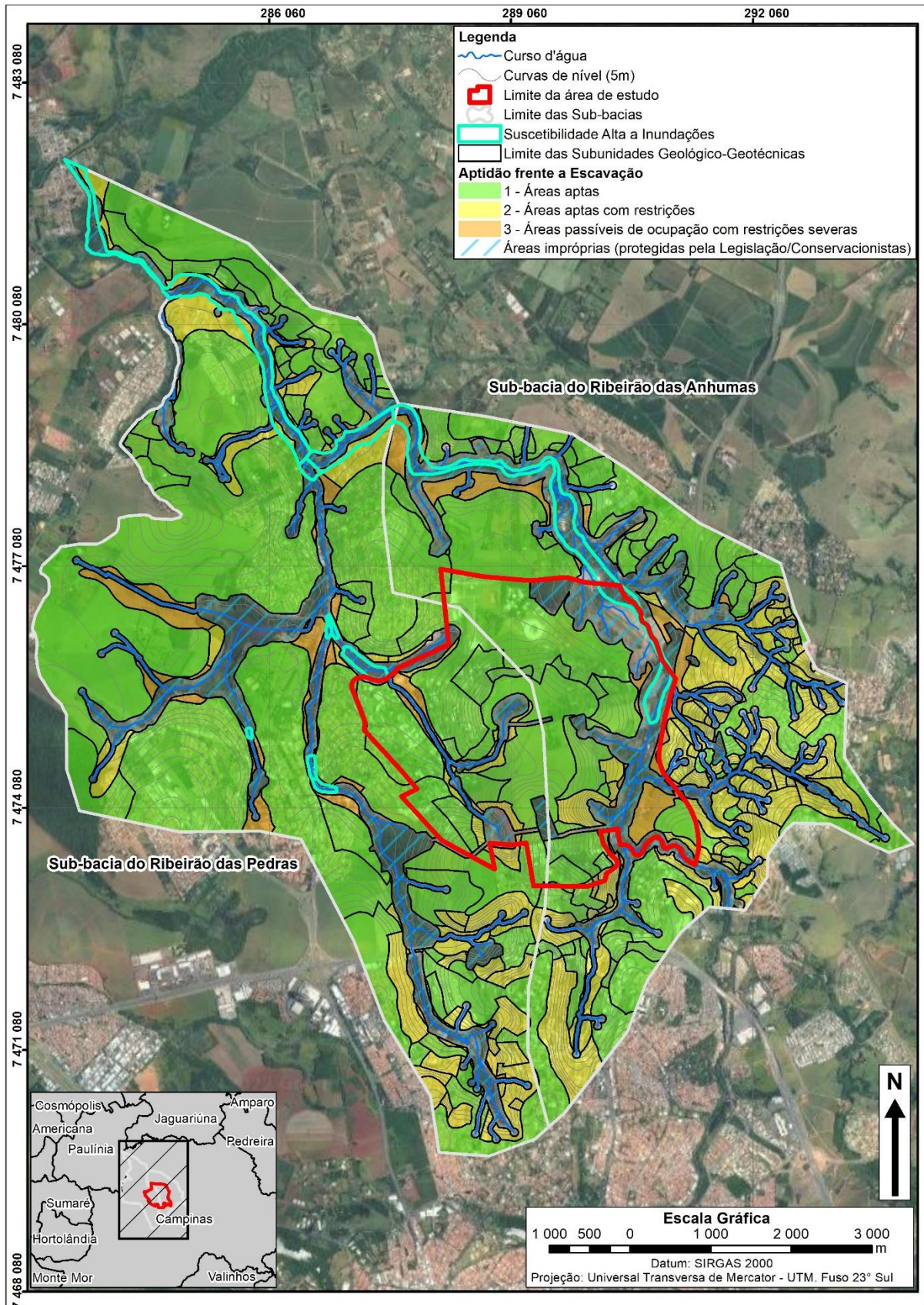


Figura 5.4-1. Representação da Carta de Aptidão às Escavações nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

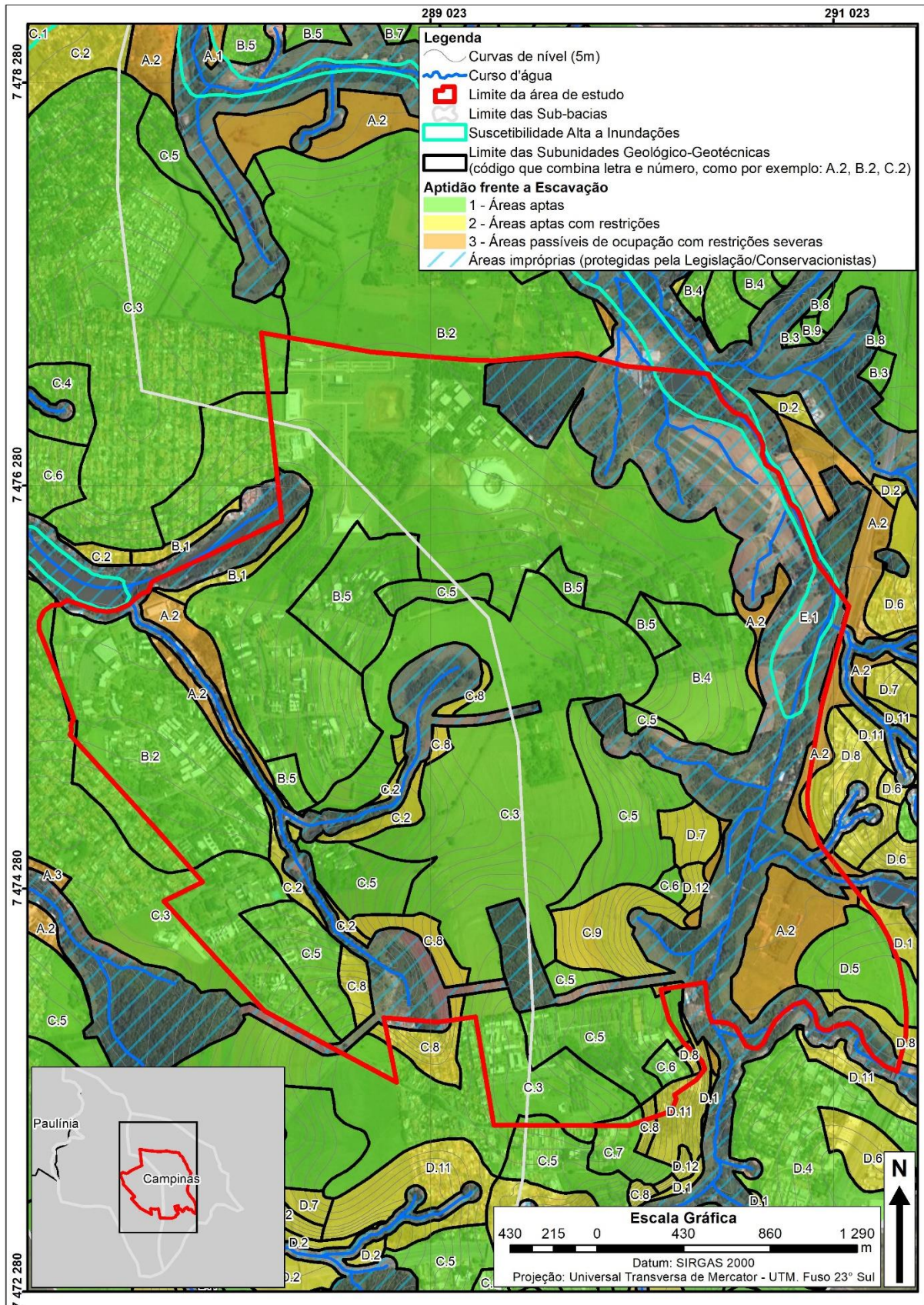


Figura 5.4-2. Representação da Carta de Aptidão às Escavações na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



Tabela 5.4-3. Resultados obtidos na análise de aptidão às escavações para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão às escavações	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área das sub-bacias
Áreas aptas	255	38,599	60,67%
Cabeceira	14	2,318	3,64%
Topo de morro	34	12,144	19,09%
Vertente	207	24,136	37,94%
Áreas aptas com restrições	137	9,314	14,64%
Cabeceira	17	2,385	3,75%
Fundo de vale	13	1,586	2,49%
Talvegue	18	1,257	1,98%
Vertente	89	4,086	6,42%
Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	19	2,249	3,54%
Fundo de vale	13	2,094	3,29%
Talvegue	3	0,092	0,14%
Vertente	3	0,064	0,10%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
TOTAL GERAL	412	63,622	100,00%

Tabela 5.4-4. Resultados obtidos na análise de aptidão às escavações para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão às escavações	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
1. Áreas aptas	56	7,257	65,43%	11,41%
Cabeceira	2	0,588	5,30%	0,92%
Topo de morro	6	1,181	10,65%	1,86%
Vertente	48	5,488	49,48%	8,63%
2. Áreas aptas com restrições	19	0,683	6,16%	1,07%
Cabeceira	3	0,348	3,14%	0,55%
Fundo de vale	2	0,042	0,38%	0,07%
Talvegue	3	0,116	1,05%	0,18%
Vertente	11	0,177	1,59%	0,28%
3. Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	2	0,457	4,12%	0,72%
Fundo de vale	2	0,457	4,12%	0,72%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
TOTAL GERAL	78	11,090	100,00%	17,43%

5.4.1 APTO

- Caracterização:

Os terrenos apresentam três classes quanto às características de escavabilidade e escarificabilidade:

- Materiais brandos e rocha branda, com materiais de 1^a e 2^a categorias de escarificabilidade: ocorrem em terrenos de declividades de 0 a 30%, em áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé e respectivos solos residuais (B2, B3, B4, B5 e B6);
- Rocha branda e rocha dura, com materiais de 2^a categoria de escarificabilidade: ocorrem em terrenos de declividades de 30% a 60%, em áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (B7, B8 e B9);
- Materiais brandos e rocha muito dura, com materiais de 1^a e 2^a categorias de escarificabilidade: ocorrem em terrenos de declividades de 0 a 30%, em áreas de



ocorrência de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, e respectivos solos residuais, com presença eventual de matacões (C3, C4, C5, C6, C7, D3, D4 e D5).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis e favoráveis à ocupação urbana, não exigindo práticas especiais em projetos de parcelamento, pois não são esperados problemas relacionados às escavações.

Utilização de práticas de engenharia convencionais para escavação, como escoramento em profundidades superiores a 1,5 m.

- Ocorrência:

As áreas aptas frente aos problemas relacionados às escavações representam 60,67% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 65,43% do território do HIDS.

5.4.2 APTO COM RESTRIÇÕES

- Caracterização:

Os terrenos apresentam quatro classes quanto às características de escavabilidade e escaurificabilidade:

- a) Materiais brandos e rocha branda em maiores profundidades, com materiais de 1ª e 2ª categorias de escaurificabilidade: ocorrem em terrenos de declividades de 0 a 15% em zonas de fundo de vales e talwegues, em áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé e respectivos solos residuais (B1);
- b) Materiais brandos e rocha muito dura em maiores profundidades, com materiais de 1ª e 2ª categorias de escaurificabilidade: ocorrem em terrenos de declividades de 0 a 15%, em zonas de fundo de vales e talwegues, em áreas de ocorrência de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, e respectivos solos residuais (C1, C2, D1 e D2);
- c) Materiais brandos e rocha muito dura em menores profundidades, com materiais de 2ª e 3ª categorias de escaurificabilidade: ocorrem em terrenos de declividades entre 15% e 60%, em áreas de ocorrência de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, e respectivos solos residuais, com presença de matacões (C8, C9, D6, D7, D8, D9, D10, D11 e D12);
- d) Rocha muito dura aflorante e em menores profundidades, com materiais de 3ª categoria de escaurificabilidade: ocorrem em terrenos de declividades superiores à 60%, em áreas de ocorrência de rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira (D13).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis de ocupação urbana que exigem cuidados especiais de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados às escavações.



Necessidade de escoramento de escavações em profundidades superiores a 1,5 m. Em locais com nível d'água raso, necessidade de uso de métodos de rebaixamento do lençol freático. Quando necessário, prever a contenção, remoção ou desmonte de matacões ou de blocos instáveis nos taludes de corte em rocha.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições frente aos problemas relacionados às escavações representam 14,64% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 6,16% do território do HIDS.

5.4.3 APTO COM RESTRIÇÕES SEVERAS

- Caracterização:

Materiais friável de 1ª categoria de escarificabilidade, associados aos sedimentos inconsolidados dos depósitos aluvionares, que ocorrem em topografias suavizadas (até 30%), com possível presença de solo mole e matacões, frequentemente em estado de saturação (A1, A2 e A3).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis de ocupação urbana que impõe diretrizes rígidas de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados às escavações.

Necessidade de escoramento de valas com pranchões metálico, possível troca de solo mole e rebaixamento do lençol freático.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições severas frente aos problemas relacionados às escavações representam 3,54% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 4,12% do território do HIDS.

5.4.4 INAPTO

Não foram identificadas áreas inaptas frente aos problemas relacionados às escavações, além das áreas de restrições legais e de conservação, protegidas por legislações federal e municipal (E.1), que correspondem à 21,16% da área das Sub-Bacias e à 24,29% da área do HIDS.



5.5 CARTA DE APTIDÃO ÀS FUNDAÇÕES

A carta de aptidão às fundações os compartimentos geológico-geotécnicos foram identificados de acordo com suas características em relação à presença dos diferentes tipos de solos, a presença de água e as recomendações para a realização de fundações para a construção de edificações de pequeno, médio e de grande porte.

Os resultados obtidos na análise de aptidão às fundações estão demonstrados nas **Tabelas 5.5-1** e **5.5-2** e ilustrados nas **Figuras 5.5-1** (para as Sub-bacias) e **5.5-2** (para a área do HIDS). A Carta de Aptidão às Fundações é apresentada nas **Figuras 25** (Sub-bacias) e **26** (HIDS) do **Anexo G**.

Tabela 5.5-1. Resultados obtidos na análise de aptidão às fundações para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão às fundações	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área das sub-bacias
Áreas aptas	361	45,070	70,84%
Cabeceira	31	4,703	7,39%
Topo de morro	34	12,144	19,09%
Vertente	296	28,222	44,36%
Áreas aptas com restrições	31	2,843	4,47%
Fundo de vale	13	1,586	2,49%
Talvegue	18	1,257	1,98%
Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	19	2,249	3,54%
Fundo de vale	13	2,094	3,29%
Talvegue	3	0,092	0,14%
Vertente	3	0,064	0,10%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
TOTAL GERAL	412	63,622	100,00%

Tabela 5.5-2. Resultados obtidos na análise de aptidão às fundações para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão às fundações	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
1. Áreas aptas	70	7,782	70,17%	12,23%
Cabeceira	5	0,936	8,44%	1,47%
Topo de morro	6	1,181	10,65%	1,86%
Vertente	59	5,665	51,08%	8,90%
2. Áreas aptas com restrições	5	0,158	1,43%	0,25%
Fundo de vale	2	0,042	0,38%	0,07%
Talvegue	3	0,116	1,05%	0,18%
3. Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	2	0,457	4,12%	0,72%
Fundo de vale	2	0,457	4,12%	0,72%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
TOTAL GERAL	78	11,090	100,00%	17,43%

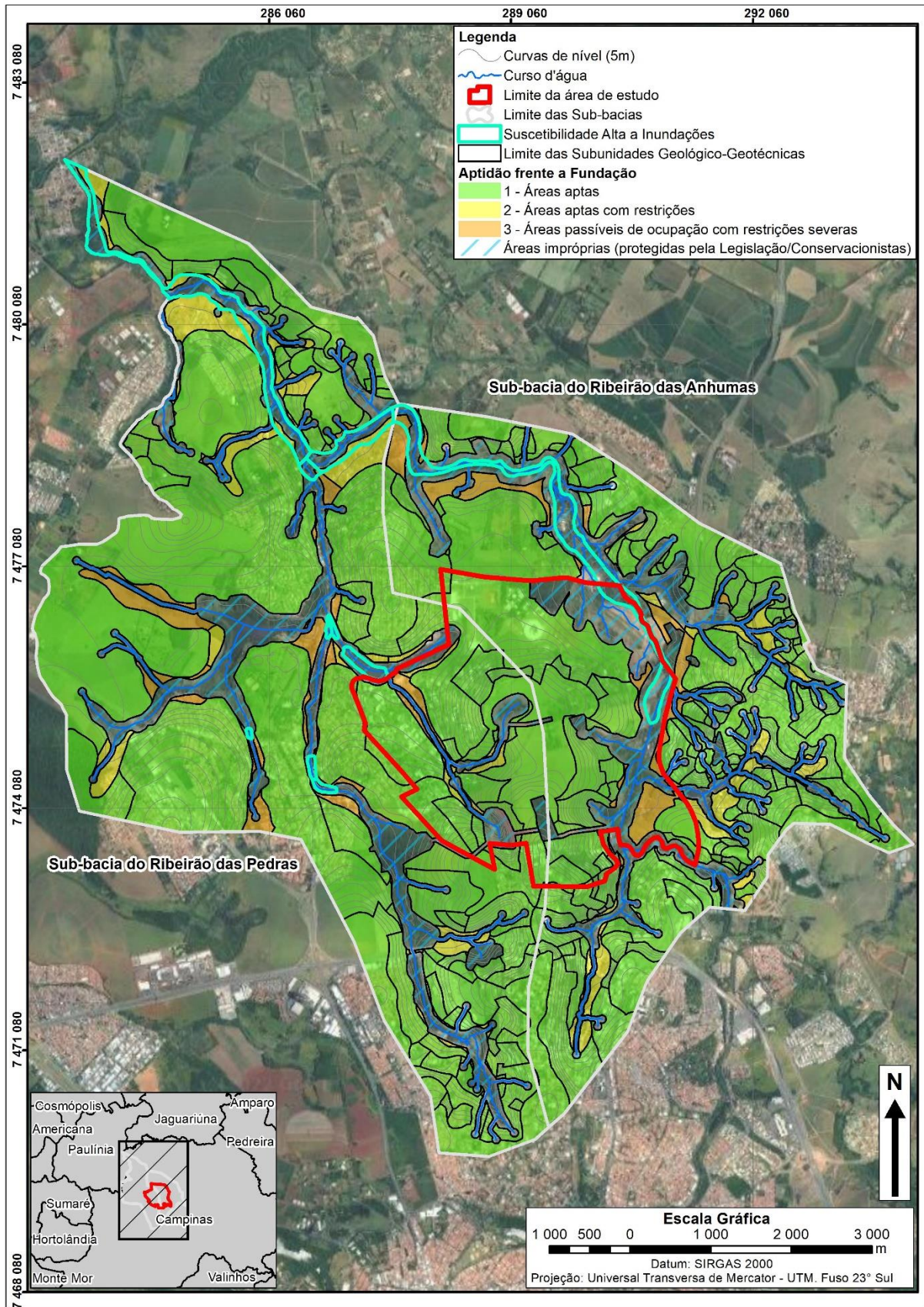


Figura 5.5-1. Representação da Carta de Aptidão às Fundações nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

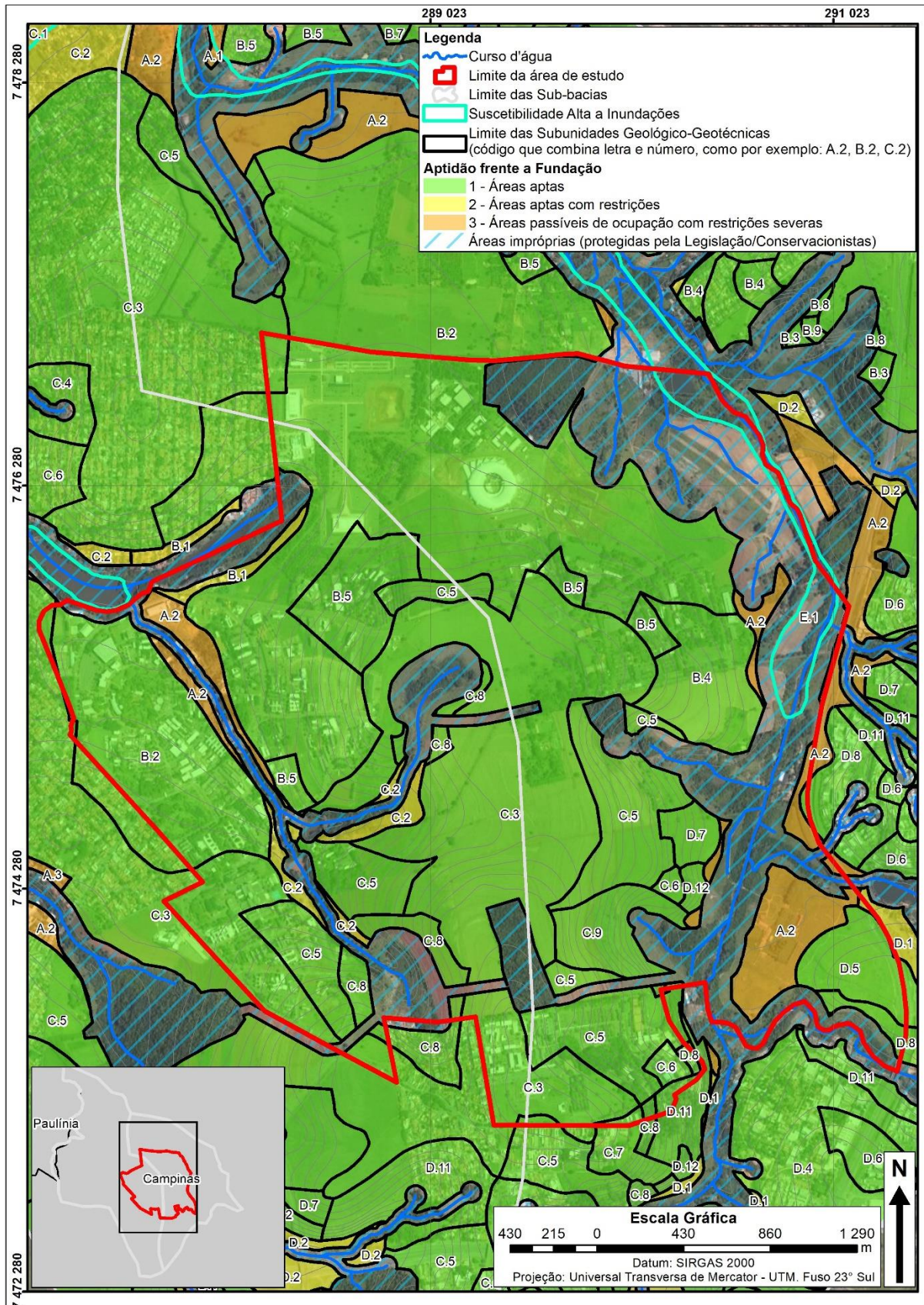


Figura 5.5-2. Representação da Carta de Aptidão às Fundações na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



5.5.1 APTO

- Caracterização:

Morfologicamente, são áreas caracterizadas por topos de morros, cabeceiras e vertentes, onde se espera a ocorrência de lençol freático profundo (mais de 10 m de profundidade).

Os terrenos apresentam quatro classes quanto às características geológico-geotécnicas:

- a) Solos residuais profundos (acima de 10 m de profundidade) com resistência mecânica baixa à média nos primeiros metros: terrenos suavizados e ondulados com declividades de até 30%, em áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (B2, B3, B4, B5 e B6) e rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, com possível presença de matacões (C3, C4, C5, C6 e C7);
- b) Solos residuais profundos (acima de 10 m de profundidade) com resistência mecânica baixa à alta nos primeiros metros: terrenos suavizados e ondulados com declividades de até 30%, em áreas de ocorrência de rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, com possível presença de matacões (D3, D4, D5, D6, D7, D8 e D9);
- c) Solos residuais pouco profundos (entre 2 m e 10 m de profundidade) com resistência mecânica baixa à alta nos primeiros metros: terrenos ondulados e acidentados com declividades entre 30% e 60%, em áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (B7, B8 e B9) e rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, com possível presença de matacões (C8 e C9). Terrenos suavizados e ondulados com declividades de até 30%, em áreas de rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, com possível presença de matacões (D10, D11 e D12);
- d) Solos residuais rasos (inferior a 2 m de profundidade) e rocha aflorante, com resistência média à alta nos primeiros metros: terrenos muito acidentados com declividades entre superiores à 60%, em áreas de ocorrência de rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, com possível presença de matacões (D13).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis e favoráveis à ocupação urbana, não exigindo práticas especiais em projetos de parcelamento, pois não são esperados problemas relacionados às fundações.

Utilização de práticas de engenharia para investigações geológico-geotécnicas convencionais para identificação de capacidade de carga e presença de matacões.

- Ocorrência:

As áreas aptas frente aos problemas relacionados às fundações representam 70,84% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 70,17% do território do HIDS.

5.5.2 APTO COM RESTRIÇÕES

- Caracterização:



Morfologicamente, são áreas caracterizadas por fundo de vales e talwegues, onde se espera a ocorrência de lençol freático pouco profundo (de 2 m a 10 m de profundidade).

Os terrenos apresentam duas classes quanto às características geológico-geotécnicas:

- a) Solos residuais profundos (acima de 10 m de profundidade) com resistência mecânica baixa à média nos primeiros metros: terrenos suavizados com declividades de até 15%, em áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (B1) e rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, com possível presença de matacões (C1 e C2);
- b) Solos residuais profundos (acima de 10 m de profundidade) com resistência mecânica baixa à alta nos primeiros metros: terrenos suavizados e ondulados com declividades de até 15%, em áreas de ocorrência de rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, com possível presença de matacões (D1 e D2).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis de ocupação urbana que exigem cuidados especiais de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados às fundações.

Utilização de práticas de engenharia para investigações geológico-geotécnicas convencionais para identificação de capacidade de carga e presença de matacões.

Solos com média capacidade de suporte nos primeiros metros, com necessidade de uso de fundações profundas ou adaptadas ao substrato, podendo ser necessário o uso de processos de impermeabilização ou de proteção das fundações em decorrência do nível d'água raso.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições frente aos problemas relacionados às fundações representam 4,47% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 1,43% do território do HIDS.

5.5.3 APTO COM RESTRIÇÕES SEVERAS

- Caracterização:

Nessas áreas ocorrem depósitos aluvionares caracterizados por sedimentos inconsolidados, que apresentam espessura variável e resistência mecânica baixa, com possível presença de solo mole e matacões, frequentemente em estado de saturação.

Morfologicamente, são áreas caracterizadas por fundo de vales, talwegues e vertentes, com declividades de até 15%, onde se espera a ocorrência de lençol freático raso (inferior a 2 m de profundidade) (A1, A2 e A3).

- Problemas esperados:

Áreas passíveis de ocupação urbana que impõe diretrizes rígidas de projetos e implantação, frente aos problemas relacionados às fundações.

Utilização de práticas de engenharia para investigações geológico-geotécnicas convencionais para identificação de capacidade de carga e presença de matacões.



Presença de solos moles e de baixa capacidade de suporte, com necessidade de uso de fundações profundas ou adaptadas ao substrato. Nível d'água aflorante em eventos de chuvas intensas.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições severas frente aos problemas relacionados às fundações representam 3,54% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras e 4,12% do território do HIDS.

5.5.4 INAPTO

Não foram identificadas áreas inaptas frente aos problemas relacionados às escavações, além das áreas de restrições legais e de conservação, protegidas por legislações federal e municipal (E.1), que correspondem à 21,16% da área das Sub-Bacias e à 24,29% da área do HIDS.



5.6 CARTA DE APTIDÃO CONSOLIDADA

A carta de aptidão consolidada reúne os resultados apresentados nas cartas de aptidão frente aos desastres naturais, frente às características geotécnicas, à construção de estradas, às escavações, e às fundações.

Os produtos cartográficos resultantes da cartografia geotécnica de aptidão, nesta escala (1:5.000), buscam indicar os tipos de solo, relevo e características do substrato predominantes e esperados para cada local. No entanto, as indicações destas cartas geotécnicas devem ser utilizadas como bases para subsidiar a tomada de decisões de futuras campanhas de análise e investigação do subsolo adequados ao uso pretendido para cada local, não pretendendo substituir tais estudos.

Com a carta de aptidão consolidada se espera que as orientações para a expansão urbana possam ser efetivamente incorporadas no processo de planejamento do uso e ocupação do solo, em especial quanto à orientação das áreas mais favoráveis à ocupação, bem como à identificação das características, prevenção dos problemas esperados, visando a minimização dos problemas através da apresentação de recomendações adequadas à escala do projeto.

Ressalta-se que, além das recomendações apresentadas a seguir, a construção de edificações deve ser subordinada às normas vigentes no código de obras do município de Campinas (Lei Complementar nº 9 de 23 de dezembro de 2003).

Os resultados obtidos na análise de aptidão consolidada estão ilustrados nas **Figuras 5.6-1** (para as Sub-bacias) e **5.6-2** (para a área do HIDS) e demonstrados nas **Tabelas 5.6-1** e **5.6-2**. A Carta de Aptidão Consolidada é apresentada nas **Figuras 27** (Sub-bacias) e **28** (HIDS) do **Anexo G**.

Tabela 5.6-1. Resultados obtidos na análise de aptidão consolidada para a área das Sub-bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão consolidada	Unidades de análise (qtde.)	Área (km ²)	% da Área das sub-bacias
1. Áreas favoráveis à ocupação	172	33,367	52,45%
Cabeceira	5	1,866	2,93%
Topo de morro	34	12,144	19,09%
Vertente	133	19,357	30,43%
2.1 Áreas aptas com restrições	29	2,653	4,17%
Fundo de vale	11	1,396	2,19%
Talvegue	18	1,257	1,98%
2.2 Áreas aptas com restrições	138	8,574	13,48%
Cabeceira	7	0,661	1,04%
Vertente	131	7,914	12,44%
3.1 Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	13	2,199	3,46%
Fundo de vale	8	2,047	3,22%
Talvegue	2	0,088	0,14%
Vertente	3	0,064	0,10%
3.2 Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	50	3,083	4,85%
Cabeceira	18	2,132	3,35%
Vertente	32	0,952	1,50%
4.1 Áreas inaptas por restrições associadas a processos hidrológicos	8	0,241	0,38%
Fundo de vale	7	0,236	0,37%
Talvegue	1	0,004	0,01%
4.2 Áreas inaptas por restrições associadas a aspectos geológicos-geotécnicos	1	0,045	0,07%
Cabeceira	1	0,045	0,07%
4.3 Áreas inaptas por restrições legais e de conservação	1	13,460	21,16%
Restrições legais e conservacionistas	1	13,460	21,16%
TOTAL GERAL	412	63,622	100,00%



Tabela 5.6-2. Resultados obtidos na análise de aptidão consolidada para a área do projeto HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

Grau de aptidão geral consolidada	Unidades de análise (qtde.)	Área (km²)	% da Área do HIDS	% da Área das sub-bacias
1. Áreas favoráveis à ocupação	35	5,504	49,63%	8,65%
Cabeceira	1	0,474	4,27%	0,75%
Topo de morro	6	1,181	10,65%	1,86%
Vertente	28	3,850	34,71%	6,05%
2.1 Áreas aptas com restrições	5	0,158	1,43%	0,25%
Fundo de vale	2	0,042	0,38%	0,07%
Talvegue	3	0,116	1,05%	0,18%
2.2 Áreas aptas com restrições	26	1,875	16,90%	2,95%
Cabeceira	1	0,114	1,03%	0,18%
Vertente	25	1,761	15,88%	2,77%
3.1 Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	2	0,457	4,12%	0,72%
Fundo de vale	2	0,457	4,12%	0,72%
3.2 Áreas passíveis de ocupação com restrições severas	9	0,403	3,63%	0,63%
Cabeceira	3	0,348	3,14%	0,55%
Vertente	6	0,054	0,49%	0,09%
4.3 Áreas inaptas por restrições legais e de conservação*	1	2,693	24,29%	4,23%
Restrições legais e conservacionistas	1	2,693	24,29%	4,23%
TOTAL GERAL	78	11,090	100,00%	17,43%

* Os terrenos da classe 4.3, inseridos no perímetro do HIDS, compreendem também as áreas de alta suscetibilidade aos processos de inundações, que constituem os terrenos da classe 4.1. Desta forma, embora tenham sido contabilizadas apenas as áreas dos terrenos da classe 4.3, devem ser observados os trechos com a ocorrência dos terrenos da classe 4.1.

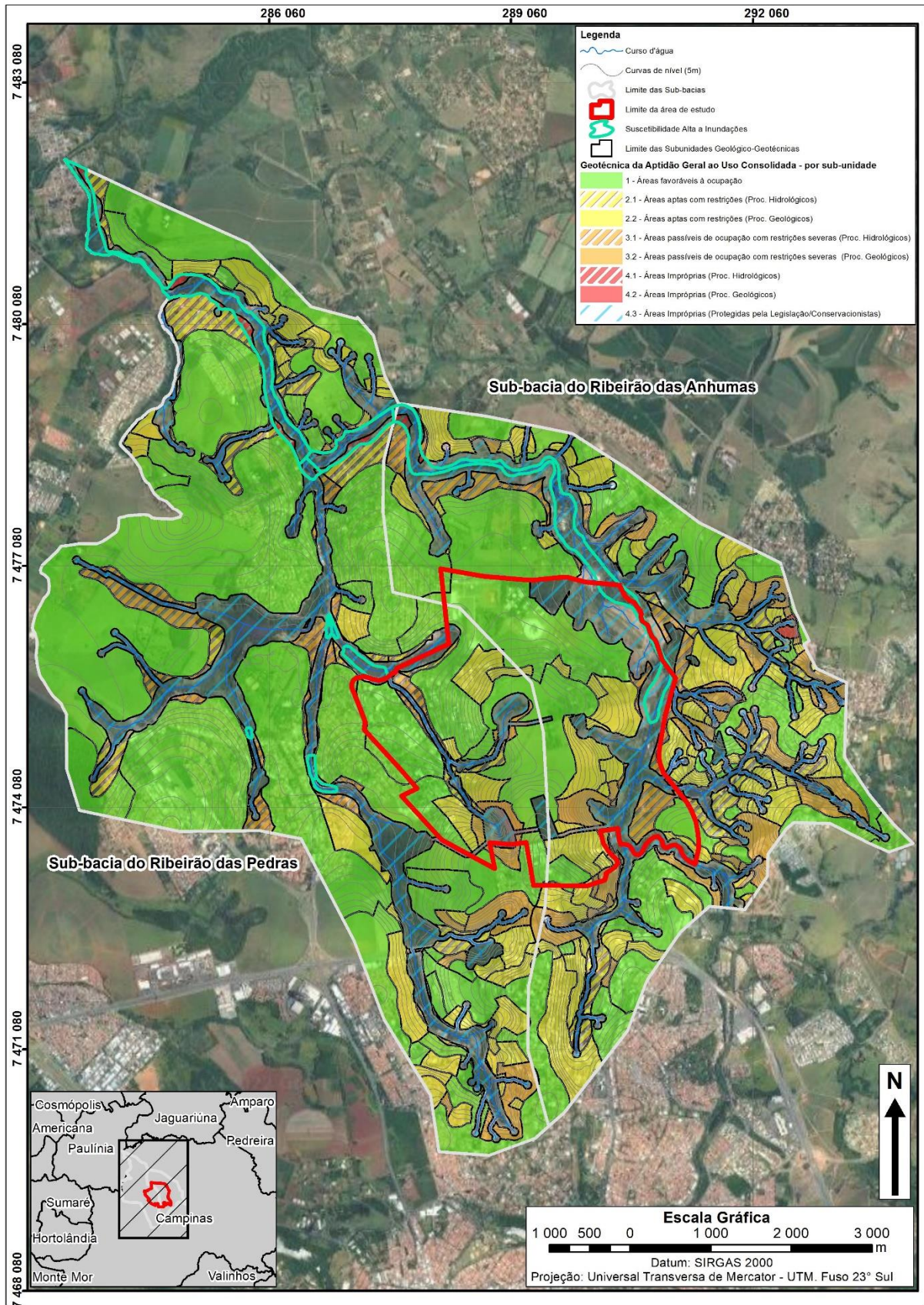


Figura 5.6-1. Representação da Carta de Aptidão Consolidada nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

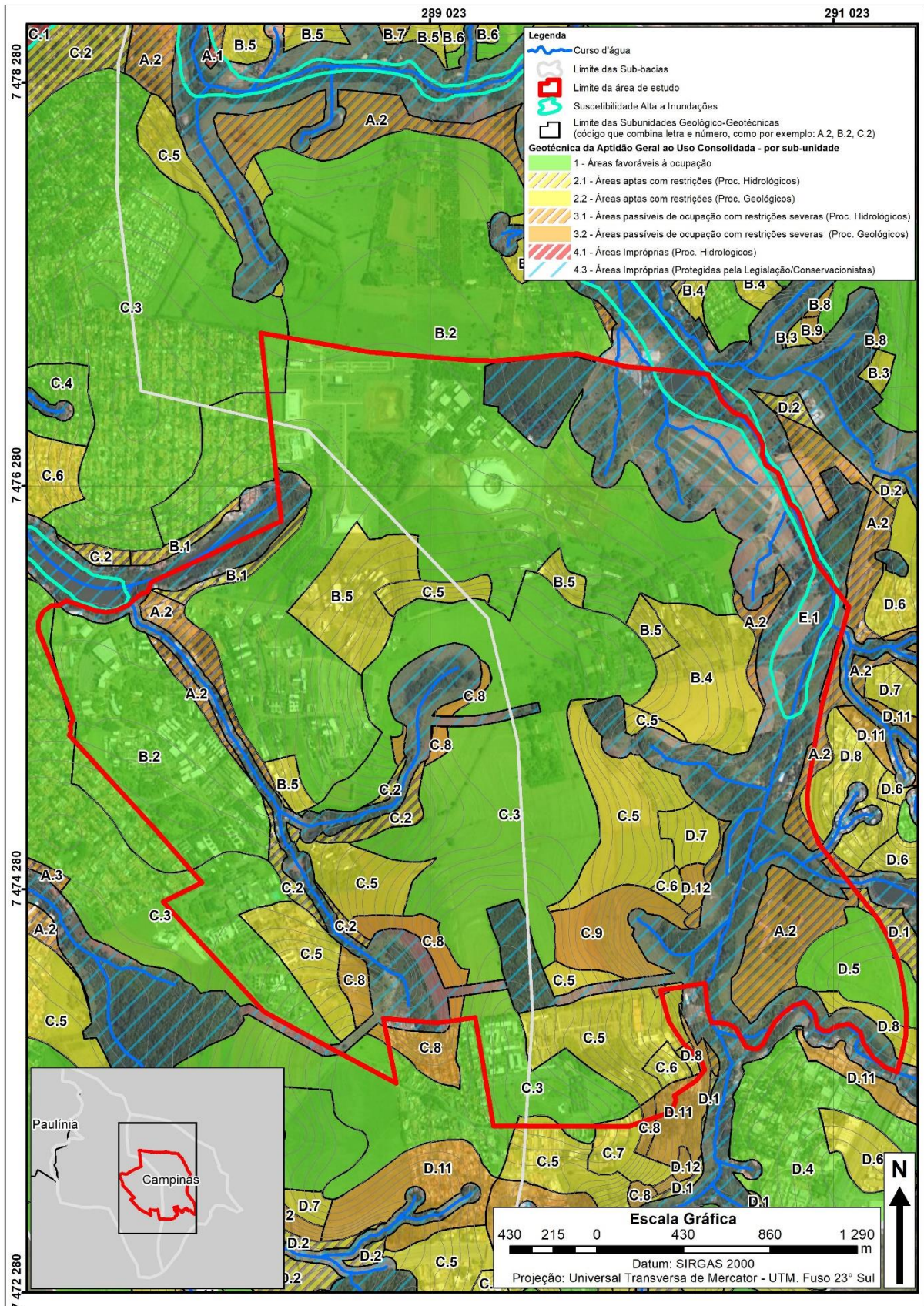


Figura 5.6-2. Representação da Carta de Aptidão Consolidada na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



5.6.1 APTO (CLASSE 1)

- Caracterização:

Terrenos com baixa suscetibilidade à movimentação de massa, baixa à média suscetibilidade à erosão e suscetibilidade à inundação nula.

Nessas áreas ocorrem rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, bem como respectivos solos residuais.

Morfologicamente, são predominantemente caracterizadas por topografias suavizadas em topos de morros, cabeceiras e vertentes com declividades de até 15%.

- Problemas esperados:

Não são esperados processos geológicos ou hidrológicos que comprometam a aptidão da área, nem problemas de ordem geotécnica com a realização de escavações, construção de vias ou de obras lineares e construção de fundações. Observa-se apenas desenvolvimento de processos erosivos restritos a locais com solo exposto. Não há maiores restrições aos projetos de parcelamento.

- Ocorrência:

As áreas aptas à urbanização representam 52,45% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (B2, C3, C4, D3, D4, D5) e 49,63% do território do HIDS (B2, C3, D5).

- Recomendações:

- Nessas áreas deve-se privilegiar, sempre que possível, um maior adensamento, havendo maior liberdade ao desenho urbano;
- A inclinação do terreno é favorável para implantação de estradas ortogonais e paralelas às curvas de nível;
- Nas áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (B2), recomenda-se utilizar uma proporção da ocupação no terreno que permita uma maior taxa de infiltração no subsolo, com maior quantidade de áreas verdes;
- Nas áreas de ocorrência das rochas da Formação Serra Geral (C3), recomenda-se realizar investigações geotécnicas específicas para o diagnóstico da presença de argilas expansíveis, em locais que impliquem grande movimentação de terra e, caso identificada a ocorrência, realizar proteção do talude logo após a escavação para evitar o ressecamento superficial, bem como evitar o uso desse solo/rocha como material de empréstimo e, caso necessário, realizar mistura com materiais não expansíveis;
- Há necessidade de investigações geológico-geotécnicas convencionais para identificação de capacidade de carga, profundidade do nível d'água e presença de matacões;
- Práticas e técnicas normalmente adotadas são suficientes para o controle dos processos analisados, exceto para situações locais não-mapeadas nesta escala, onde se recomendam investigações locais detalhadas.



5.6.2 APTO COM RESTRIÇÕES (CLASSE 2)

5.6.2.1 Apto com restrições associadas a processos hidrológicos (classe 2.1)

- Caracterização:

Terrenos com baixa suscetibilidade à movimentação de massa, baixa à média suscetibilidade à erosão e baixa suscetibilidade à inundação.

Nessas áreas ocorrem rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, bem como respectivos solos residuais.

Morfologicamente, as áreas são predominantemente formadas por fundo de vales e talwegues, situadas em várzea ou no entorno de curso hídrico, em topografia suavizada com 0 a 15% de declividade.

- Problemas esperados:

São áreas com possibilidade de atingimento por processos de inundações, embora não haja histórico recente registrado no local. Há possibilidade de afloramento do nível d'água em períodos chuvosos intensos e possibilidade de recalques (excessivos) em fundações rasas, aterros, infraestrutura subterrânea e pavimentos viários por consequência da saturação de base, pelo lençol freático pouco profundo, bem como assoreamento dos canais de drenagem. Além disso, em locais em que o lençol freático se encontra raso, há possibilidade interceptá-lo durante as escavações, ocasionando a instabilização das valas abertas e taludes de corte. Há possibilidade de recalques diferenciais em fundações rasas e profundas pela presença de matacões.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições à urbanização associadas a processos hidrológicos representam 4,17% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (B1, C2, C4, D1, D2) e 1,43% do território do HIDS (B1, C2, D1).

- Recomendações:

- Para a ocupação dessas áreas é necessária a realização de estudos hidrológicos/hidráulicos para análise detalhada da possibilidade de inundação, sendo eventualmente necessária a instalação de obras de redução e controle de cheias, bem como construção de aterros até cotas suficientes para evitar inundações;
- As áreas apresentam condições topográficas e geotécnicas favoráveis à ocupação, em princípio, não apresentando restrições em relação ao coeficiente de adensamento da ocupação, desde que os estudos hidrológicos detalhados sejam realizados;
- Há necessidade de investigações geológico-geotécnicas convencionais para identificação de capacidade de carga do terreno e profundidade do nível d'água;
- Nas áreas de ocorrência das rochas da Formação Serra Geral (C2), recomenda-se realizar investigações geotécnicas específicas para o diagnóstico da presença de argilas expansíveis, em locais que impliquem grande movimentação de terra e, caso identificada a ocorrência, realizar proteção do talude logo após a escavação para evitar o ressecamento superficial, bem como evitar o uso desse solo/rocha como material de empréstimo e, caso necessário, realizar mistura com materiais não expansíveis;



- Em locais com nível d'água raso, as obras deverão ser realizadas com o auxílio de procedimentos de escoramento dos taludes e rebaixamento do lençol freático, bem como o projeto deverá prever a instalação de sistemas de drenagem subsuperficial que mantenham este rebaixamento do lençol freático;
- Adequar a solução de coleta e disposição das águas servidas às dificuldades de escoamento e infiltração dos efluentes no solo;
- Recomenda-se o uso de impermeabilização ou de proteção das fundações em decorrência do nível d'água raso;
- Recomenda-se priorizar o uso de fundações profundas caso seja identificado o nível d'água raso.

5.6.2.2 Apto com restrições associadas aos aspectos geológicos-geotécnicos (classe 2.2)

- Caracterização:

Terrenos com baixa a média suscetibilidade à movimentação de massa, baixa à alta suscetibilidade à erosão e suscetibilidade à inundação nula.

Nessas áreas ocorrem rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, bem como respectivos solos residuais.

Morfologicamente, as áreas são predominantemente formadas por cabeceiras e vertentes, em topografia acidentada com 15 a 30% de declividade.

- Problemas esperados:

São áreas com possibilidade de ocorrência de processos erosivos difusos que podem evoluir para lineares, bem como deflagração de movimentos de massa em trechos de solo exposto, principalmente nos terrenos de maior concentração do escoamento de águas pluviais. A inclinação do terreno condiciona a implantação de estradas paralelas às curvas de nível ou intervenções para redução da declividade da rampa com execução de corte/aterro com obras de estabilização de encostas de pequena à média magnitude. Em áreas de ocorrência de rochas da Formação Serra Geral podem ocorrer problemas de estabilidade nos taludes de corte quando houver estruturas de falhas, juntas e diáclases, em solo (reliquiães) ou em rocha, que podem estar preenchidas por argilas expansivas. Há possibilidade de recalques diferenciais em fundações rasas e profundas pela presença de matacões.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições à urbanização associadas aos aspectos geológicos-geotécnicos representam 13,48% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (B3, B4, B5, B6, C5, C6, C7, D6, D7, D8, D9) e 16,90% do território do HIDS (B4, B5, C5, C6, C7, D7, D8).

- Recomendações:

- Em princípio, não há restrições em relação ao coeficiente de adensamento, porém recomenda-se utilizar uma proporção da ocupação no terreno que permita uma maior taxa de infiltração no subsolo nas áreas de ocorrência das rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (B4, B5), com maior quantidade de áreas verdes;



- Orientar os lotes com sua maior dimensão paralela às curvas de nível da encosta;
- Considerando a declividade do terreno, recomenda-se que a abertura dos lotes não ultrapasse 20m de profundidade em terrenos com mais de 15% de declividade, pois acima disso, resultará em talude de corte com mais de 3,0 m de altura, necessitando de obras de estabilização de encostas de média à grande magnitude;
- Há necessidade de investigações geológico-geotécnicas convencionais para identificação de capacidade de carga, profundidade do nível d'água e presença de matacões;
- Nas áreas de ocorrência das rochas da Formação Serra Geral (C5, C6, C7), recomenda-se realizar investigações geotécnicas específicas para o diagnóstico da presença de argilas expansíveis, em locais que impliquem grande movimentação de terra e, caso identificada a ocorrência, realizar proteção do talude logo após a escavação para evitar o ressecamento superficial, bem como evitar o uso desse solo/rocha como material de empréstimo e, caso necessário, realizar mistura com materiais não expansíveis;
- As vias deverão ser projetadas para que seus traçados, preferencialmente, acompanhem as curvas de nível e quando for necessário realizar a construção da via em sentido longitudinal ao talude deverão ser realizadas obras para adequação da declividade, como cortes e aterros, tanto no greide previsto quanto nos taludes formados pela intersecção da via ao talude natural;
- A instalação de vias nestes terrenos está sujeita à necessidade de realização de obras de intervenção para estabilização dos taludes de corte ou de aterro necessários para o nivelamento adequado do terreno, como retaludamentos e muros de contenção;
- Instalação de obras de drenagem completas que deverão compreender a instalação do sistema de drenagem superficial das vias, tais como guias, sarjetas e bocas de lobo, bem como a construção de sistemas de drenagem adequados às obras de retaludamento ou contenção previstas, como canaletas nas porções de cabeceira dos taludes e em cada berma, escadas hidráulicas e caixas de dissipação e de passagem;
- Proteger as áreas terraplanadas contra a erosão através de cobertura superficial e sistema de drenagem adequado, imediatamente após a sua execução.
- Pode ser necessário o uso de métodos de rebaixamento do lençol freático em locais com nível d'água raso e prever a contenção, remoção ou desmonte de matacões ou de blocos instáveis nos taludes de corte em rocha.
- Necessidade de contenção, remoção ou desmonte de matacões ou de blocos instáveis nos taludes de corte em rocha.

5.6.3 APTO COM RESTRIÇÕES SEVERAS (CLASSE 3)

5.6.3.1 Apto com restrições severas associadas a processos hidrológicos (classe 3.1)

- Caracterização:

Terrenos com baixa a média suscetibilidade à movimentação de massa, baixa à média suscetibilidade à erosão e baixa suscetibilidade à inundação.

Essas áreas estão relacionadas à locais de ocorrência de sedimentos aluvionares recentes.



Morfologicamente, as áreas são predominantemente formadas por fundo de vales, talwegues e vertentes, em topografia suavizada com 0 a 30% de declividade.

- Problemas esperados:

São áreas com possibilidade de atingimento por processos de inundações, embora não haja histórico recente registrado no local, porém há mapeamento de depósito aluvionar. Nas áreas de solo exposto, há possibilidade de desenvolvimento de processos erosivos restritos que podem evoluir para erosões lineares e com deflagração de movimentos de massa em taludes de corte ou de aterro sem tratamento geotécnico adequado. Possibilidade de recalques (diferenciais e/ou excessivos) em fundações rasas, aterros, infraestrutura subterrânea e pavimentos viários por adensamento de solos moles; afloramento do nível d'água em períodos chuvosos e lençol freático raso com possível interceptação pela fundação, bem como danificação de leitos das vias devido à saturação do subleito; instabilidade das paredes de escavações; assoreamento dos canais de drenagem; inundações associadas ao período de cheias e alagamentos provocados pela dificuldade de escoamento das águas de chuva, antes de essas atingirem os cursos d'água.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições severas à urbanização associadas a processos hidrológicos representam 3,46% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (A1, A2) e 4,12% do território do HIDS (A2).

- Recomendações:

- Para a ocupação dessas áreas é necessária a realização de estudos hidrológicos/hidráulicos para análise detalhada da possibilidade de inundação, sendo eventualmente necessária a instalação de obras de redução e controle de cheias, bem como construção de aterros até cotas suficientes para evitar inundações;
- Em princípio, não há restrições em relação ao coeficiente de adensamento;
- Há necessidade de investigações geológico-geotécnicas convencionais e ensaios geotécnicos específicos para identificação de capacidade de carga, nível d'água e presença de matacões;
- Há necessidade de procedimentos de escoramento dos taludes e rebaixamento do lençol freático, bem como o projeto deverá prever a instalação de sistemas de drenagem subsuperficial que mantenham este rebaixamento do lençol freático;
- De modo geral, há maior liberdade para a implantação de estradas ortogonais e paralelas às curvas de nível;
- Recomenda-se o uso de impermeabilização ou de proteção das fundações em decorrência do nível d'água raso;
- Recomenda-se priorizar o uso de fundações profundas.

5.6.3.2 Apto com restrições severas associadas aos aspectos geológicos-geotécnicos (classe 3.2)

- Caracterização:

Terrenos com baixa a média suscetibilidade à movimentação de massa, baixa à alta suscetibilidade à erosão e suscetibilidade à inundação nula.



Nessas áreas ocorrem rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, bem como respectivos solos residuais.

Morfologicamente, as áreas são predominantemente formadas por cabeceiras e vertentes, em topografia acidentada com 30 a 60% de declividade.

- Problemas esperados:

São áreas com possibilidade de processos erosivos lineares, bem como deflagração de movimentos de massa em trechos de solo exposto, principalmente nos terrenos de maior concentração do escoamento de águas pluviais e em taludes de corte ou de aterro sem tratamento geotécnico adequado. Podem ocorrer movimentos de massa associados à percolação de água e estruturas sedimentares como estratificações e saturamento de argilas expansivas que preencham fraturas, juntas ou diáclases, tanto em rocha quanto reliquias no solo. A inclinação do terreno condiciona a implantação de estradas paralelas às curvas de nível ou intervenções para redução da declividade da rampa com execução de corte/aterro com obras de estabilização de encostas de pequena à média magnitude. Em áreas de ocorrência de rochas da Formação Serra Geral e rochas cristalinas pré-cambrianas há necessidade de contenção, remoção ou desmonte de matacões ou de blocos instáveis nos taludes de corte em rocha. Há possibilidade de recalques diferenciais em fundações rasas e profundas pela presença de matacões.

- Ocorrência:

As áreas aptas com restrições severas à urbanização associadas aos aspectos geológicos-geotécnicos representam 4,85% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras (B7, B8, B9, C8, C9, D10, D11, D12) e 3,63% do território do HIDS (C8, C9, D11, D12).

- Recomendações:

- Em princípio, não há restrições em relação ao coeficiente de adensamento, porém recomenda-se restringir o parcelamento aos casos em que se observam condições urbanísticas especialmente favoráveis (infraestrutura em geral) e, em áreas de ocorrência das rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, utilizar uma proporção da ocupação no terreno que permita uma maior taxa de infiltração no subsolo, com maior quantidade de áreas verdes;
- Orientar os lotes com sua maior dimensão paralela às curvas de nível da encosta;
- Considerando a declividade do terreno, recomenda-se que a abertura dos lotes não ultrapasse 10m de profundidade em terrenos com mais de 30% de declividade, pois acima disso, resultará em talude de corte com mais de 3,0 m de altura, necessitando de obras de estabilização de encostas de média à grande magnitude;
- Há necessidade de investigações geológico-geotécnicas convencionais para identificação de capacidade de carga, profundidade do nível d'água e presença de matacões;
- Em áreas de ocorrência de rochas da Formação Serra Geral (C8, C9), recomenda-se realizar investigações geotécnicas específicas para o diagnóstico da presença de argilas expansíveis em locais que impliquem grande movimentação de terra e evitar o uso desse solo/rocha como material de empréstimo e, caso necessário, realizar mistura com materiais não expansíveis;



- As vias deverão ser projetadas para que seus traçados, acompanhem as curvas de nível, com necessidade de obras para adequação da declividade, como cortes e aterros, tanto no greide previsto quanto nos taludes formados pela intersecção da via ao talude natural;
- A instalação de vias nestes terrenos está sujeita à necessidade de realização de obras de intervenção para estabilização dos taludes de corte ou de aterro necessários para o nivelamento adequado do terreno, como retaludamentos e muros de contenção;
- As obras de drenagem completas deverão compreender a instalação do sistema de drenagem superficial das vias, tais como guias, sarjetas e bocas de lobo, bem como a construção de sistemas de drenagem adequados às obras de retaludamento ou contenção previstas, como canaletas nas porções de cabeceira dos taludes e em cada berma, escadas hidráulicas e caixas de dissipação e de passagem;
- Proteger as áreas terraplanadas contra a erosão através de cobertura superficial e sistema de drenagem adequado, imediatamente após a sua execução.

5.6.4 INAPTO (CLASSE 4)

As características ponderadas para definir os terrenos como inaptos compreenderam a alta suscetibilidade a desastres naturais, com destaque para os processos de inundações em decorrência do histórico de eventos pretéritos que atingiram trechos da área do HIDS, bem como as restrições impostas pelas legislações vigentes que definem áreas de proteção ou de conservação em determinados trechos da área de estudo.

Desta forma, foram definidas três diferentes classes de terrenos inaptos, que são detalhados e ilustrados a seguir, a fim de facilitar seu entendimento e o cumprimento de tais restrições nos projetos de ocupação previstos para o HIDS.

As **Figuras 5.6.4-1 e 5.6.4-2** ilustram a totalidade das áreas consideradas inaptas à ocupação para as Sub-bacias que compreendem a área de estudo. Enquanto a primeira discerne cada um dos tipos de restrições apresentados a seguir, a segunda apresenta a consolidação destas restrições, unificando-as na Classe 4. Estas figuras estão apresentadas em escala de maior detalhe nas **Figuras 29 e 30 do Anexo G**.

As **Figuras 5.6.4-3 e 5.6.4-4** ilustram a totalidade das áreas consideradas inaptas à ocupação apenas na área do HIDS. Tal como no caso anterior, enquanto a primeira discerne cada um dos tipos de restrições apresentados a seguir, a segunda apresenta a consolidação destas restrições, unificando-as na Classe 4. Estas figuras estão apresentadas em escala de maior detalhe nas **Figuras 31 e 32 do Anexo G**.

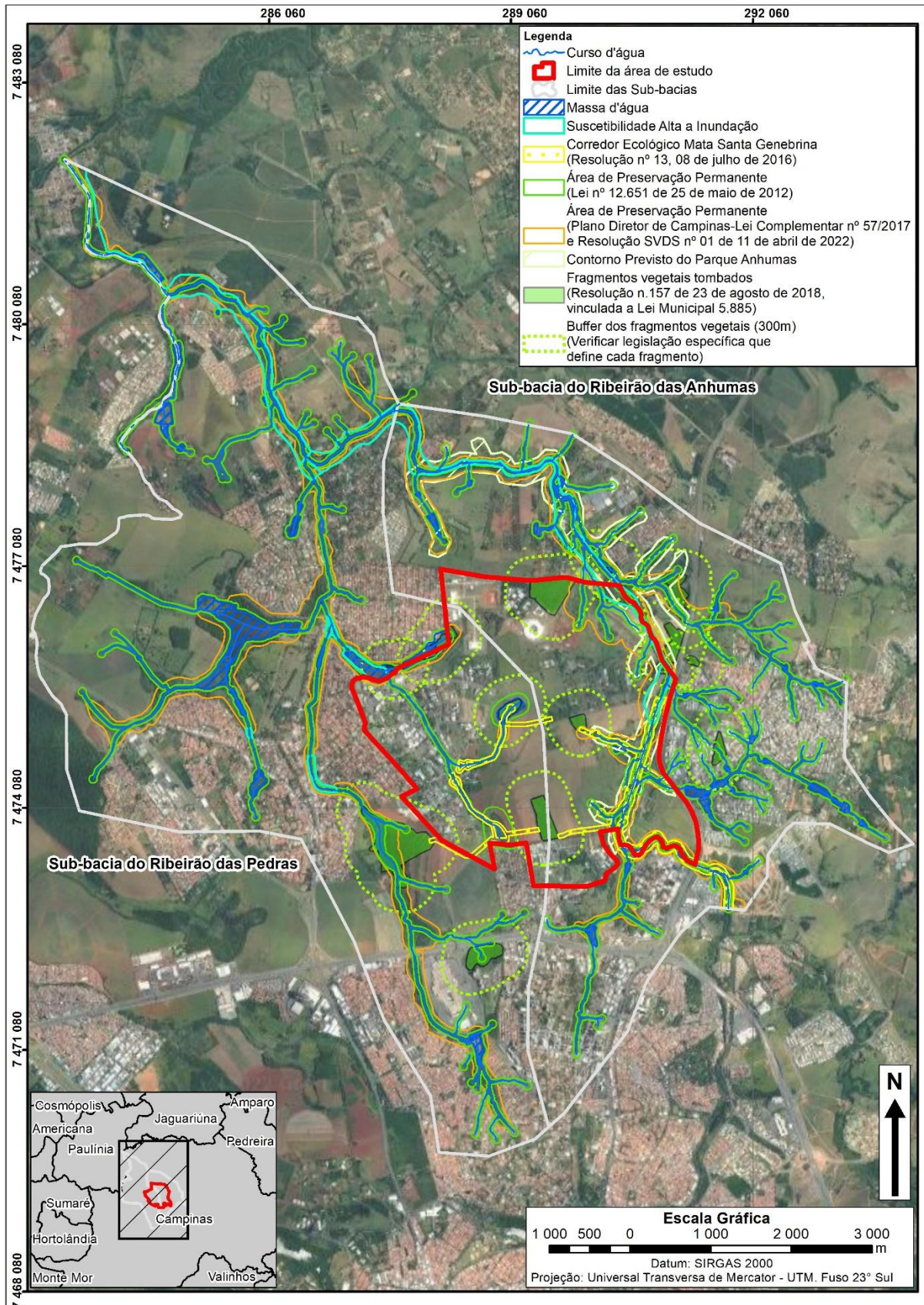


Figura 5.6.4-1. Representação detalhada da Classe 4 da Carta de Aptidão Consolidada nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

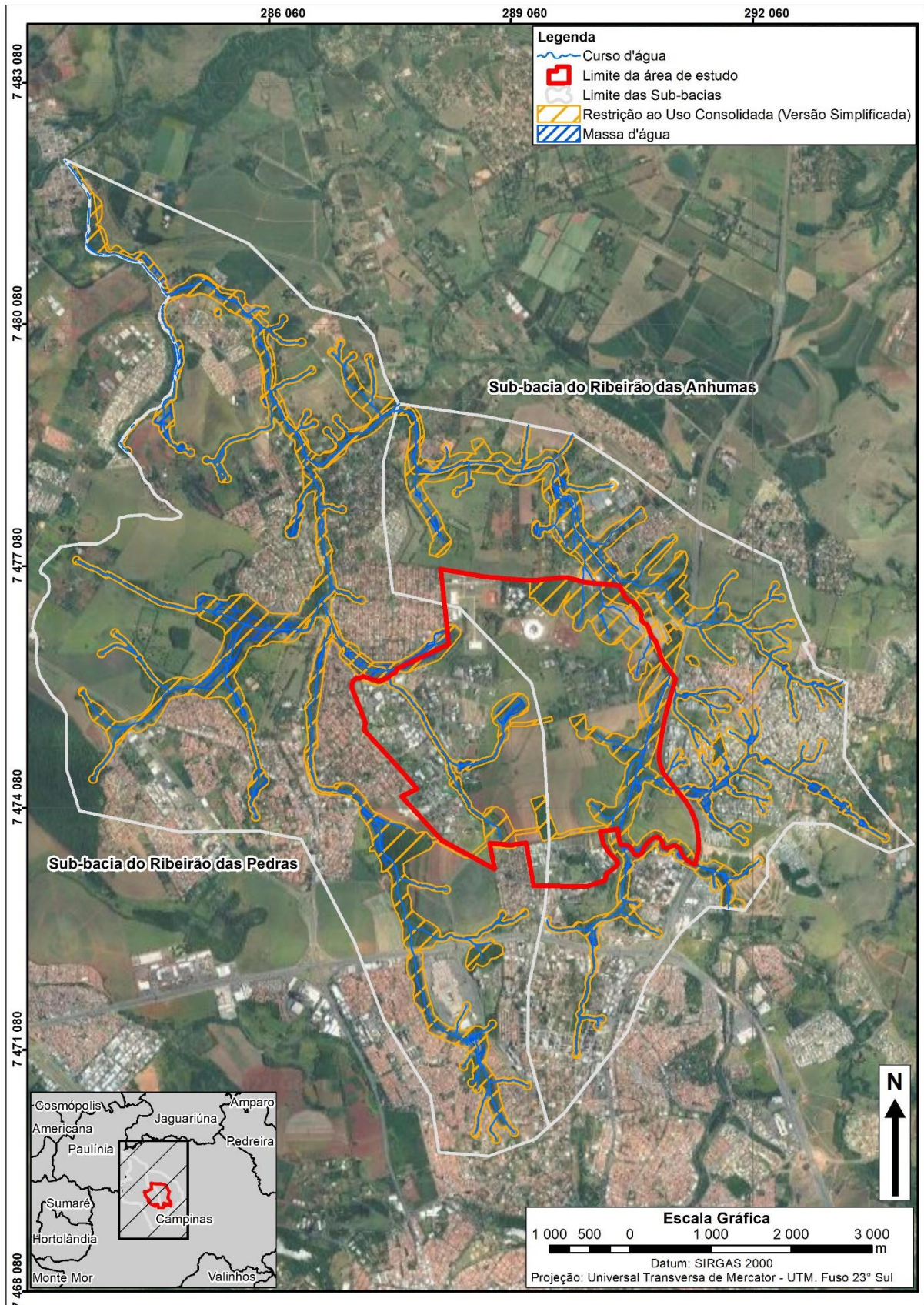


Figura 5.6.4-2. Representação unificada da Classe 4 da Carta de Aptidão Consolidada nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

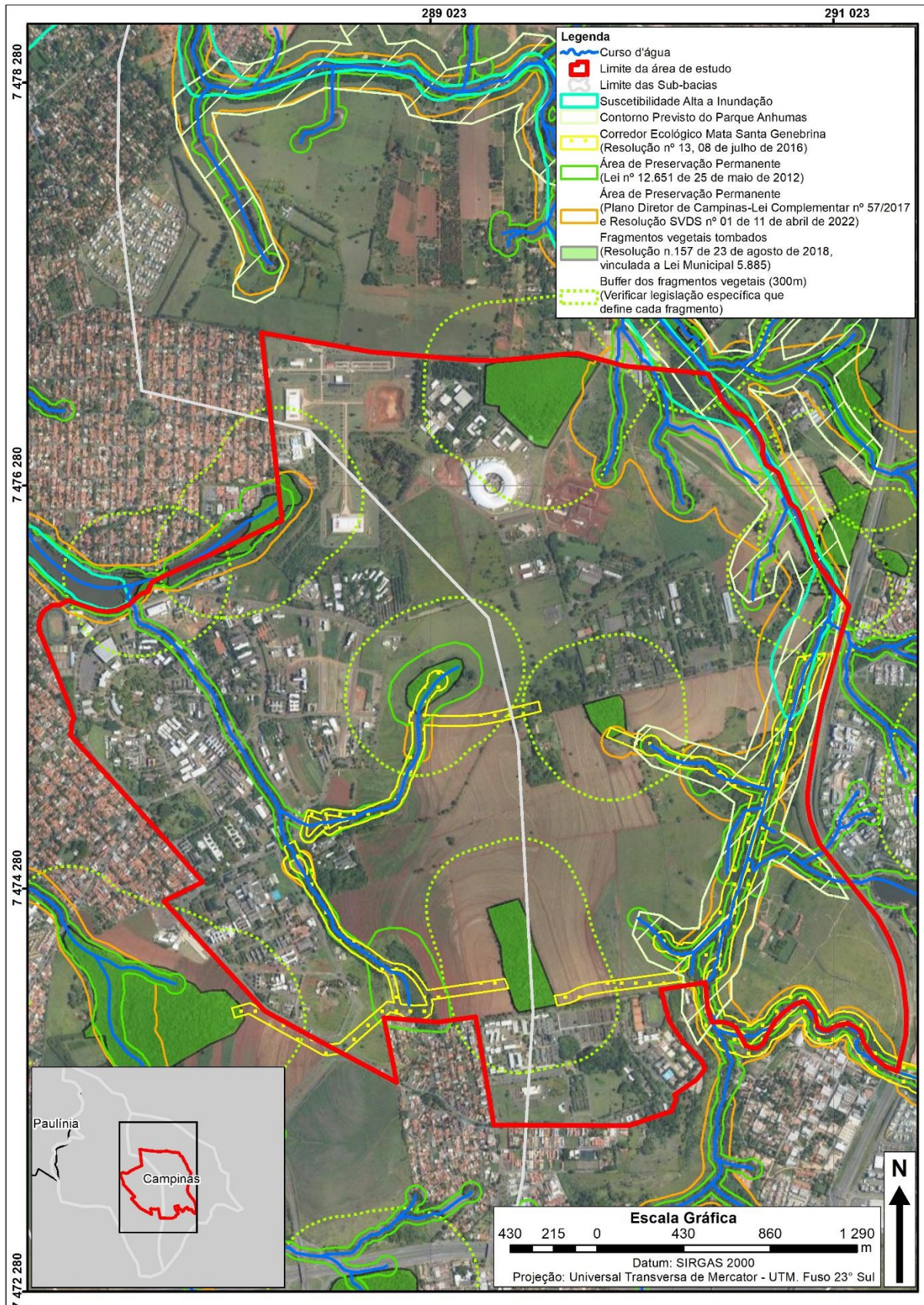


Figura 5.6.4-3. Representação detalhada da Classe 4 da Carta de Aptidão Consolidada na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

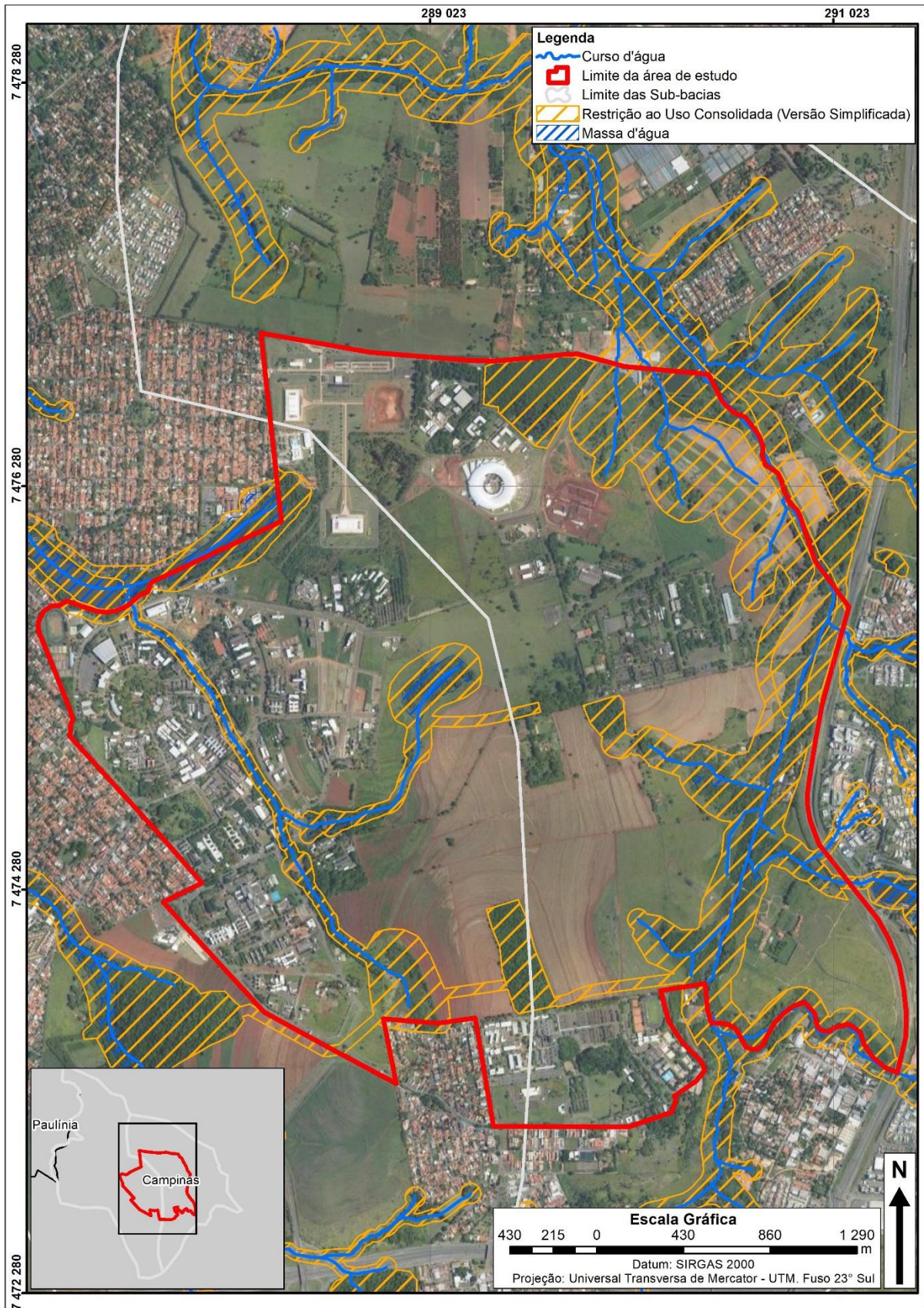


Figura 5.6.4-4. Representação unificada da Classe 4 da Carta de Aptidão Consolidada na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



5.6.4.1 Inapto por restrições associadas a processos hidrológicos (classe 4.1)

Devido à importância destas áreas sob um contexto de histórico de ocorrências pretéritas de inundações na área das Sub-bacias que compreendem a área de estudo, bem como na área do HIDS, estes trechos estão ilustrados nas **Figuras 5.6.4.1-1** (Sub-bacias) e **5.6.4.1-2** (HIDS). Estas figuras estão apresentadas em escala de maior detalhe nas **Figuras 33 e 34 do Anexo G**.

Cabe ressaltar que, na área do HIDS, estes trechos estão inseridos no contexto das áreas de classe 4.3 – Inapto por restrições legais e de conservação.

- Caracterização:

Terrenos com baixa suscetibilidade à movimentação de massa, baixa suscetibilidade à erosão e alta suscetibilidade à inundação.

Essas áreas ocorrem, principalmente, em locais com depósitos aluvionares recentes, podendo ocorrer em locais com rochas da Formação Serra Geral.

Morfologicamente, as áreas são predominantemente formadas por fundo de vales e talwegues, em topografia suavizada com 0 a 15% de declividade.

- Problemas esperados:

São áreas com ocorrência pretérita de inundações, levantadas com informações de campo, apresentando níveis de atingimento que podem afetar vias, edificações e taludes marginais aos cursos hídricos. Há possibilidade de recalques localizados em fundações rasas, aterros, infraestrutura subterrânea e pavimentos viários por adensamento de solos moles; afloramento do nível d'água em períodos chuvosos e lençol freático raso com possível interceptação pela fundação, bem como danificação de leitos das vias devido à saturação do subleito; instabilidade das paredes de escavações; assoreamento dos canais de drenagem; inundações associadas ao período de cheias e alagamentos provocados pela dificuldade de escoamento das águas de chuva, antes de essas atingirem os cursos d'água.

- Recomendações:

- Nessas áreas recomenda-se o uso para recreação e lazer;
- Para usos sustentáveis e não-urbanos, estas áreas podem ser utilizadas para preservação de vegetação, com a implantação de reservas vegetais ou parques;
- Analisar detalhadamente as possibilidades de uso e ocupação através de estudos hidrológicos/hidráulicos.

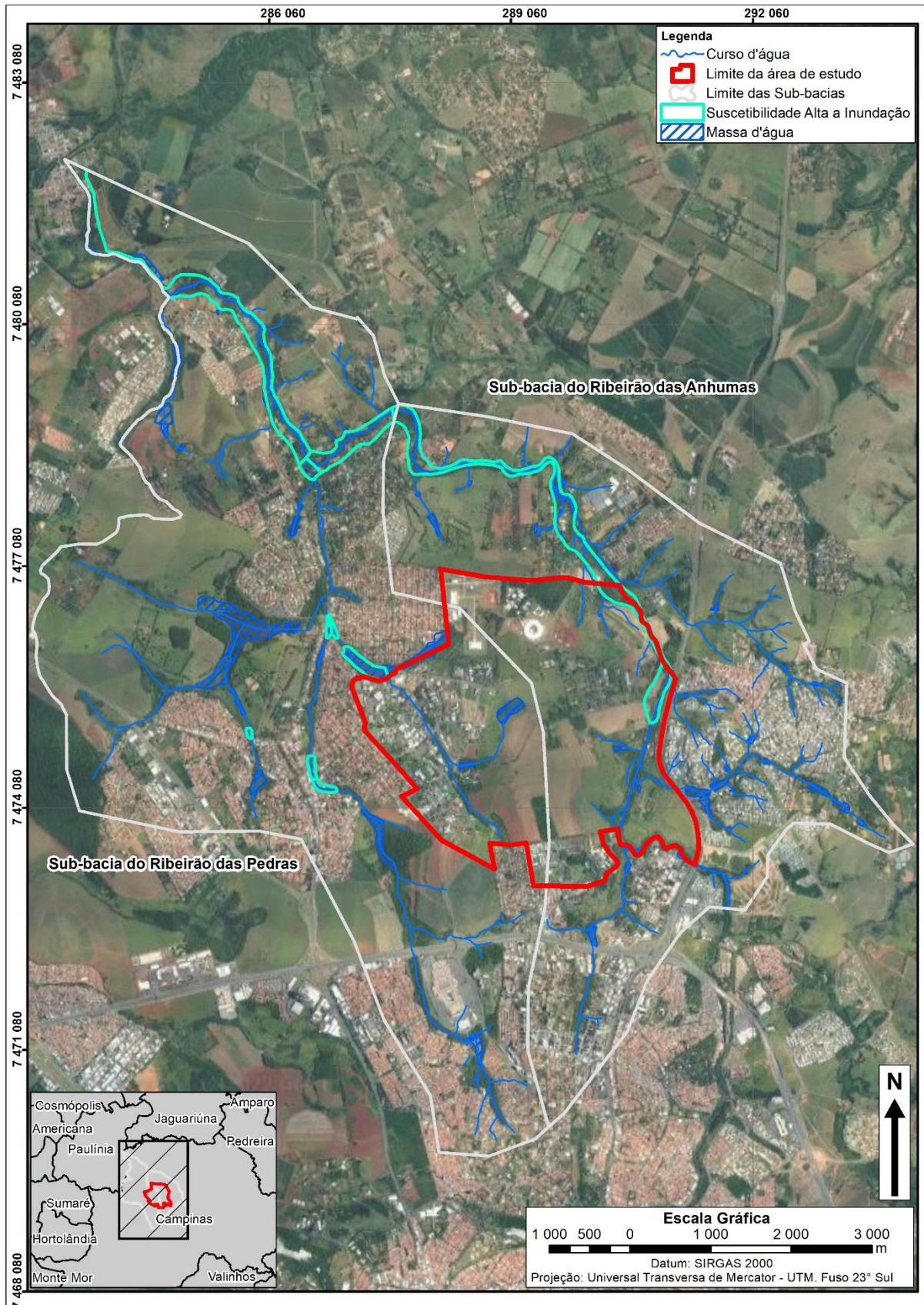


Figura 5.6.4.1-1. Representação da Classe 4.1 da Carta de Aptidão Consolidada nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

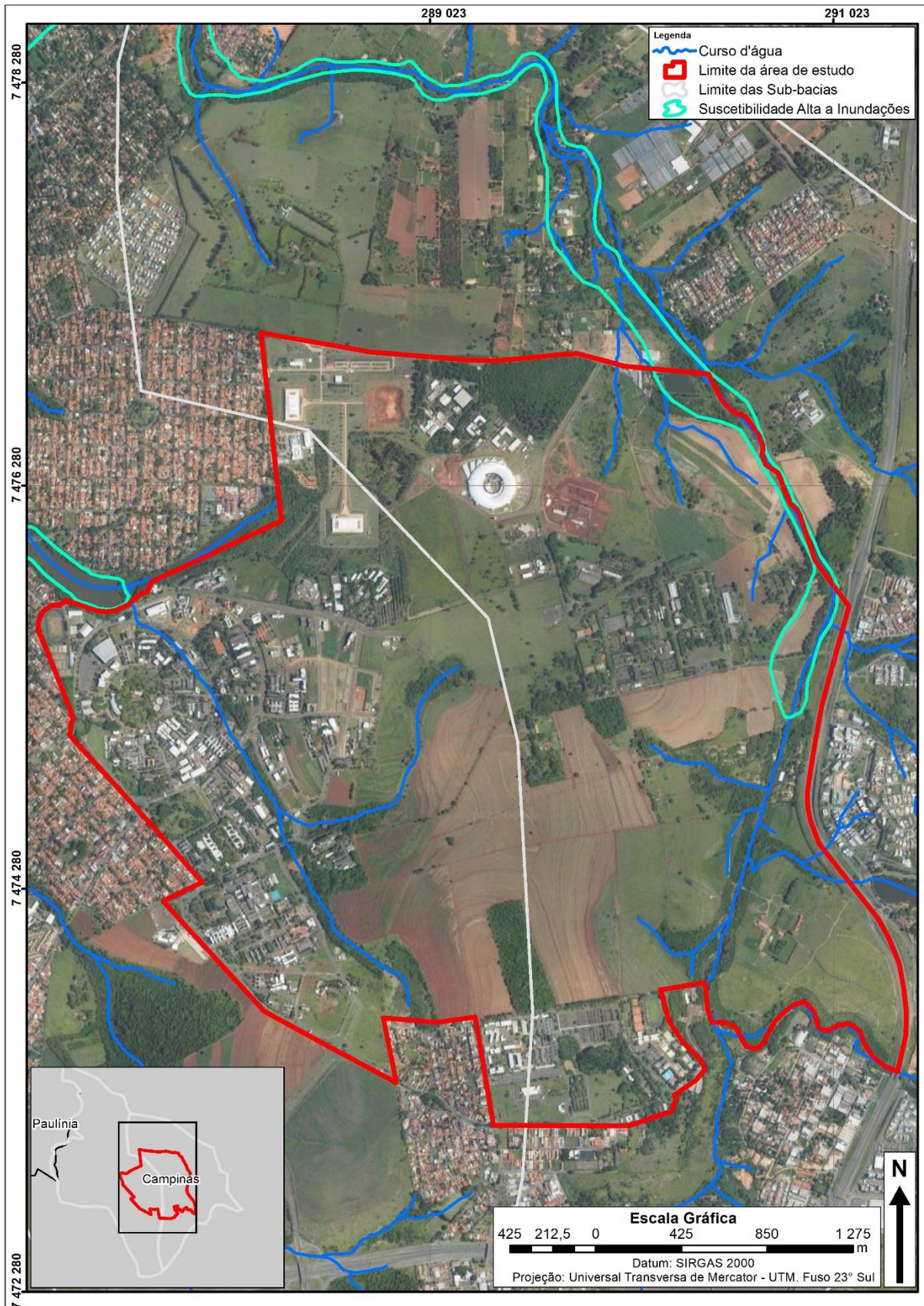


Figura 5.6.4.1-2. Representação detalhada da Classe 4.1 da Carta de Aptidão Consolidada na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



5.6.4.2 Inapto por restrições associadas a aspectos geológicos-geotécnicos (classe 4.2)

Esta classe de áreas inaptas à ocupação não ocorre no perímetro do HIDS, sendo restrito a apenas um trecho situado a NE da área.

- Caracterização:

Terrenos com alta suscetibilidade à movimentação de massa, média suscetibilidade à erosão e suscetibilidade à inundação nula.

Nessas áreas ocorrem rochas cristalinas magmáticas e metamórficas da Suíte Granítica Jaguariúna e Complexo Itapira, bem como respectivos solos residuais.

Morfologicamente, as áreas são predominantemente formadas por vertentes, em topografia muito acidentada com declividade superior a 60%.

- Problemas esperados:

Em decorrência da declividade do relevo, os processos erosivos lineares e deflagração de movimentos de massa em trechos de solo exposto podem ser acelerados, principalmente nos terrenos de maior concentração do escoamento de águas pluviais e pelo processo de urbanização. Podem ocorrer movimentos de massa associados à percolação de água nas fraturas, juntas ou diáclases, tanto em rocha quanto reliquias no solo.

- Recomendações:

- Nessas áreas recomenda-se usos sustentáveis e não-urbanos, utilizadas para preservação de vegetação, com a implantação de reservas vegetais ou parques.

5.6.4.3 Inapto por restrições legais e de conservação (classe 4.3)

- Caracterização:

Estes terrenos são considerados inaptos em decorrência de estarem situados em áreas que possuem restrições legais para fins de conservação da vegetação, solo e cursos hídricos. Os terrenos da classe 4.1 – Inapto por restrições associadas a processos hidrológicos, no perímetro do HIDS, ocorrem inseridos no contexto destas áreas de classe 4.3, constituindo áreas inaptas com as duas classificações.

Os terrenos da classe 4.3 são divididos em três subclasses, detalhadas a seguir.

- Legislação Federal e Municipal para Áreas de Proteção Permanente (APPs)

Áreas com restrições por constituírem Áreas de Proteção Permanente, nos termos da Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012, do Plano Diretor de Campinas (Lei Complementar nº 57/2017), e Resolução SVDS nº 01 de 11 de abril de 2022, detalhados no Capítulo 3. As **Figuras 5.6.4.3-1** (Sub-bacias) e **5.6.4.3-2** (HIDS) ilustram os contornos definidos para as Áreas de Proteção Permanente. Estas figuras estão apresentadas em escala de maior detalhe nas **Figuras 35 e 36 do Anexo G**.

- Corredores Ecológicos e Fragmentos de Vegetação

Áreas restritas pelas Resoluções Municipais nº 13, de 08 de julho de 2016 (corredores ecológicos), e nº 157 de 23 de agosto de 2018, vinculada à Lei Municipal nº 5.885



(fragmentos vegetais tombados). Embora estejam indicados nas figuras, os *buffers* de 300 m previstos para os fragmentos vegetais não foram considerados na delimitação deste tipo de terreno da classe 4.3. Estas restrições deverão ser detalhadas em estudos específicos para este fim. As **Figuras 5.6.4.3-3** (Sub-bacias) e **5.6.4.3-4** (HIDS) ilustram os contornos definidos para estas áreas. Estas figuras estão apresentadas em escala de maior detalhe nas **Figuras 37 e 38 do Anexo G**.

- Parque Anhumas

Áreas restritas em função do contorno previsto para constituição do Parque Anhumas, de acordo com dados da Prefeitura Municipal de Campinas. As **Figuras 5.6.4.3-5** (Sub-bacias) e **5.6.4.3-6** (HIDS) ilustram os contornos definidos para a área prevista para o Parque Anhumas. Estas figuras estão apresentadas em escala de maior detalhe nas **Figuras 39 e 40 do Anexo G**.

- Problemas esperados:

As áreas de APP definidas pela legislação municipal são as várzeas dos cursos hídricos que, mesmo nos trechos de baixa suscetibilidade a inundações, podem ocorrer processos futuros caso haja um incremento da impermeabilização da área do HIDS e das áreas do entorno cujos escoamentos são direcionados aos cursos contribuintes das duas Sub-bacias.

A supressão da vegetação nestas áreas, caso ocorra, poderá iniciar ou agravar processos erosivos, de solapamento de taludes marginais e de assoreamento dos cursos hídricos na área do HIDS e nas áreas do entorno, podendo contribuir para o aumento das ocorrências de inundações nos cursos hídricos das Sub-bacias.

- Ocorrência:

As áreas inaptas à urbanização por restrições legais e de conservação representam 21,16% do território das bacias do Ribeirão das Anhumas e do Ribeirão das Pedras, e 24,29% do território do HIDS.

- Recomendações:

- Nessas áreas recomenda-se a manutenção dos usos sustentáveis e não-urbanos previstos.

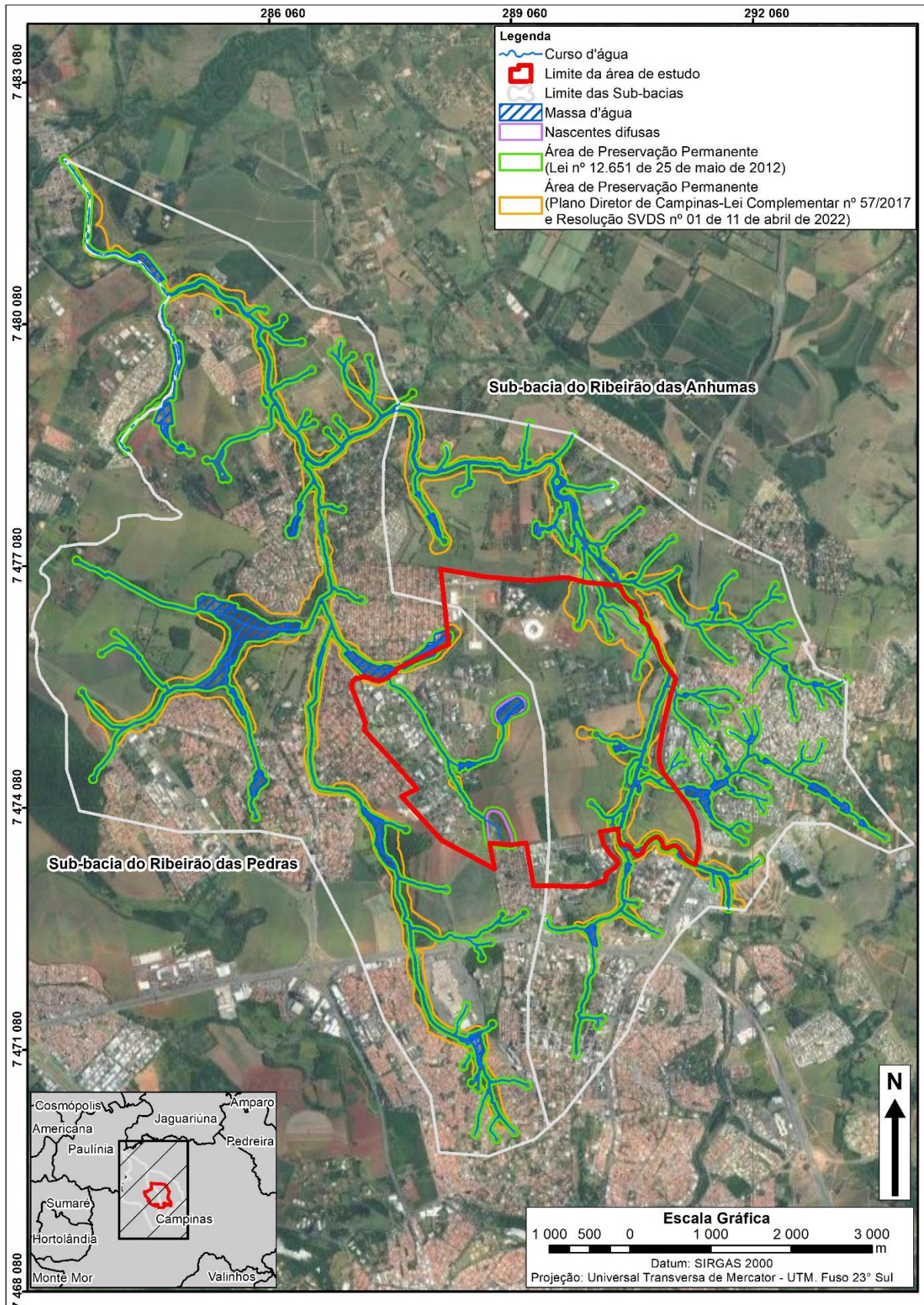


Figura 5.6.4.3-1. Representação das APPs que constituem a Classe 4.3 da Carta de Aptidão Consolidada nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

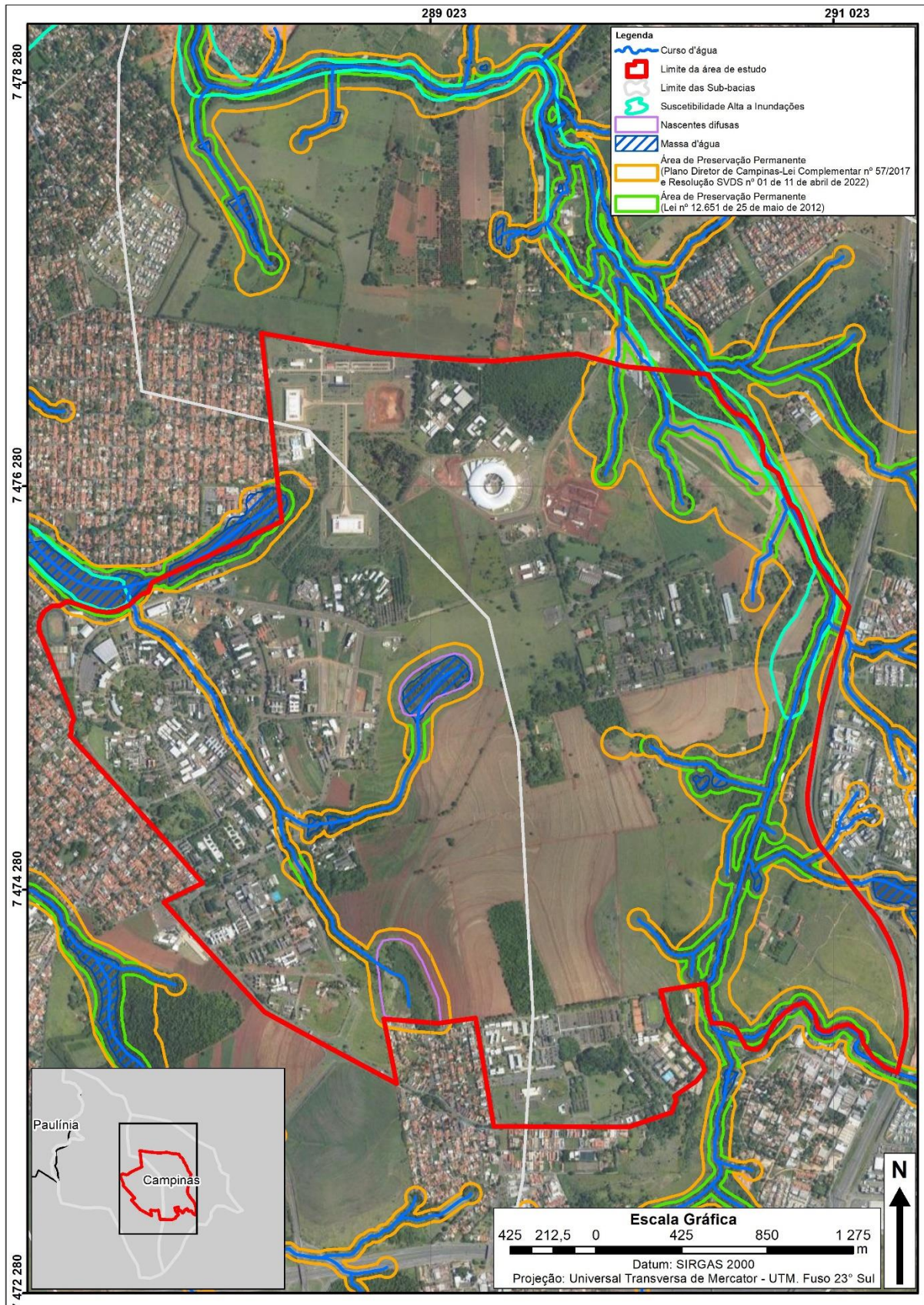


Figura 5.6.4.3-2. Representação das APPs que constituem a Classe 4.3 da Carta de Aptidão Consolidada na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

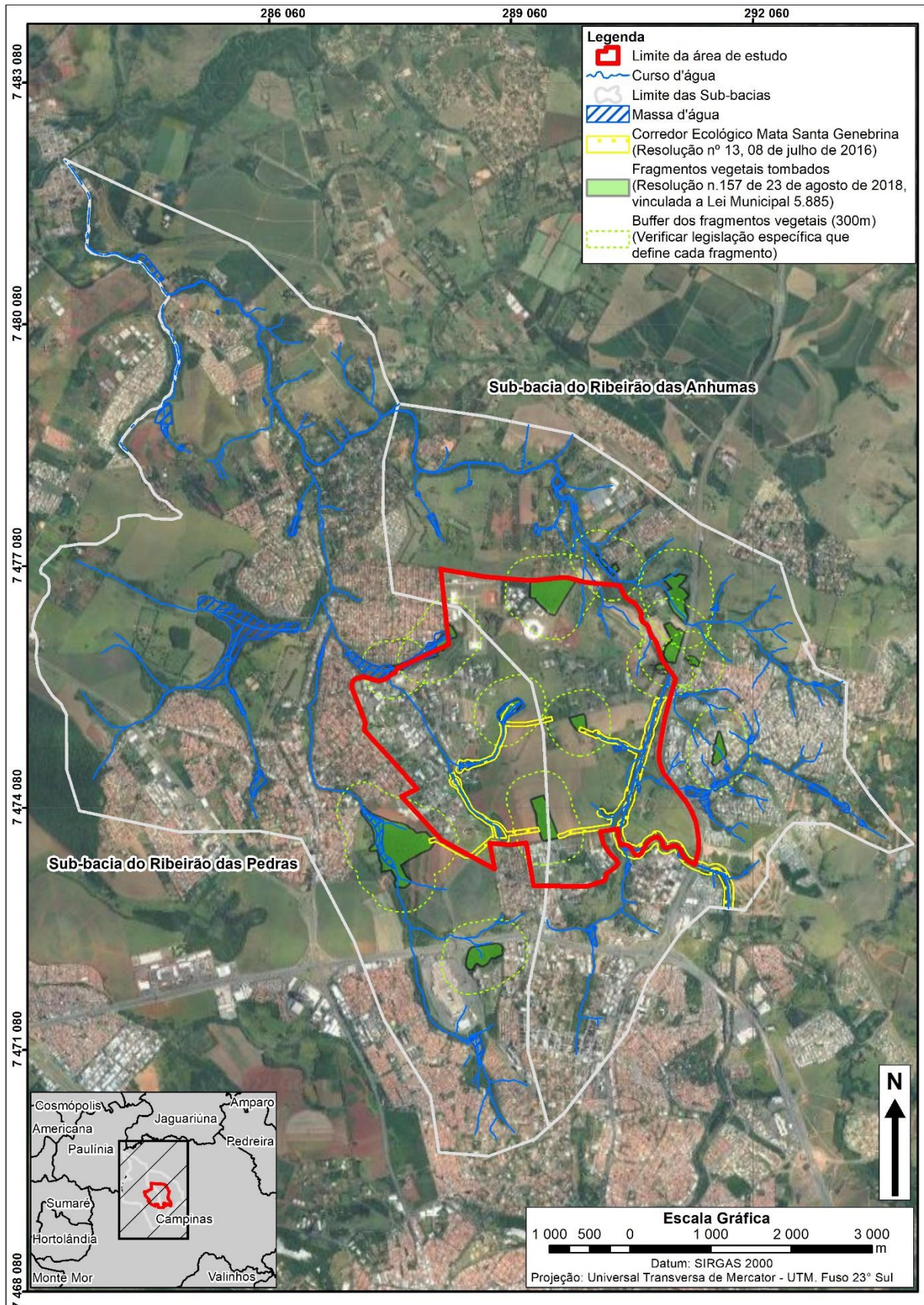


Figura 5.6.4.3-3. Representação dos corredores ecológicos e fragmentos de vegetação que constituem a Classe 4.3 da Carta de Aptidão Consolidada nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

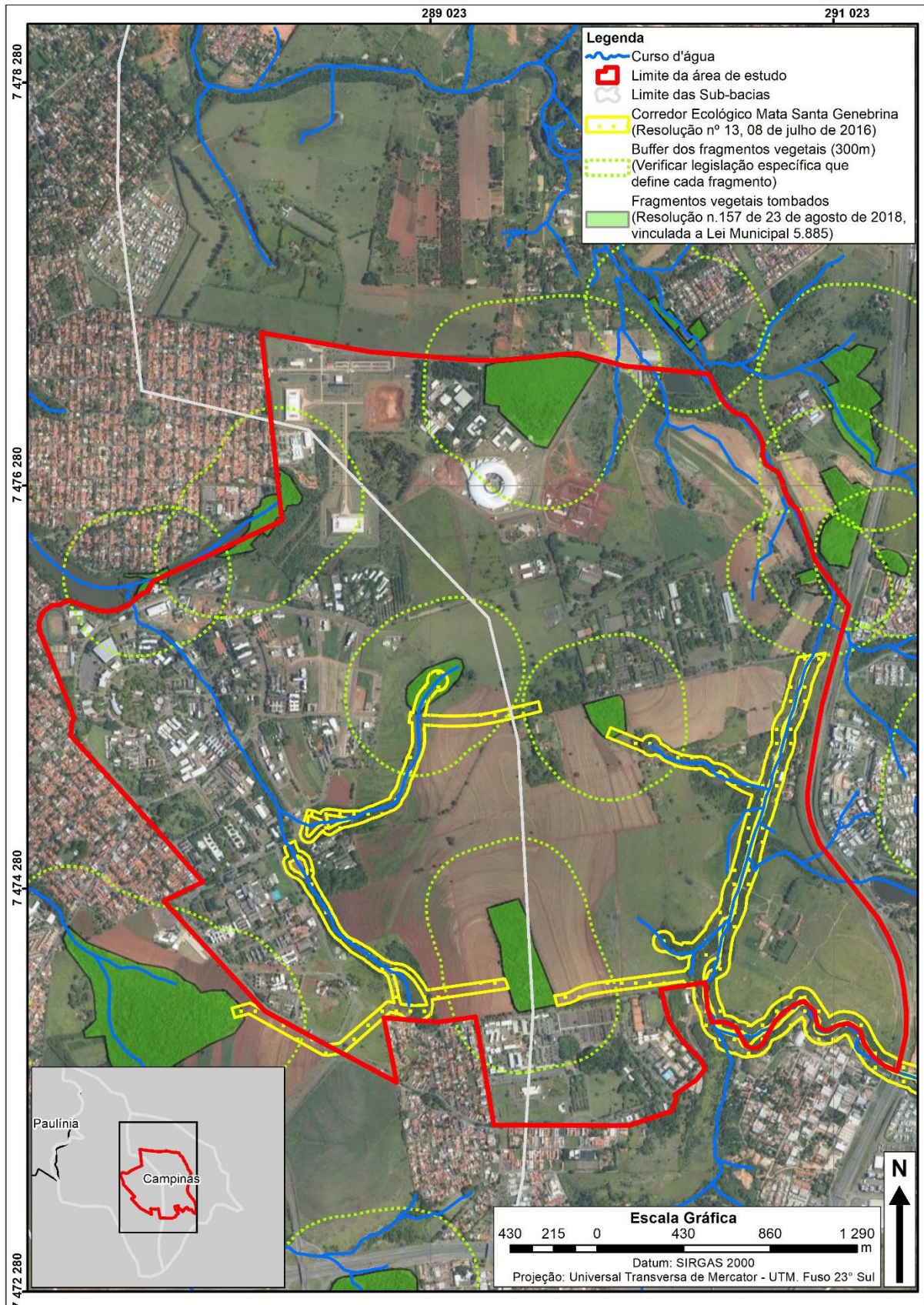


Figura 5.6.4.3-4. Representação dos corredores ecológicos e fragmentos de vegetação que constituem a Classe 4.3 da Carta de Aptidão Consolidada na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).

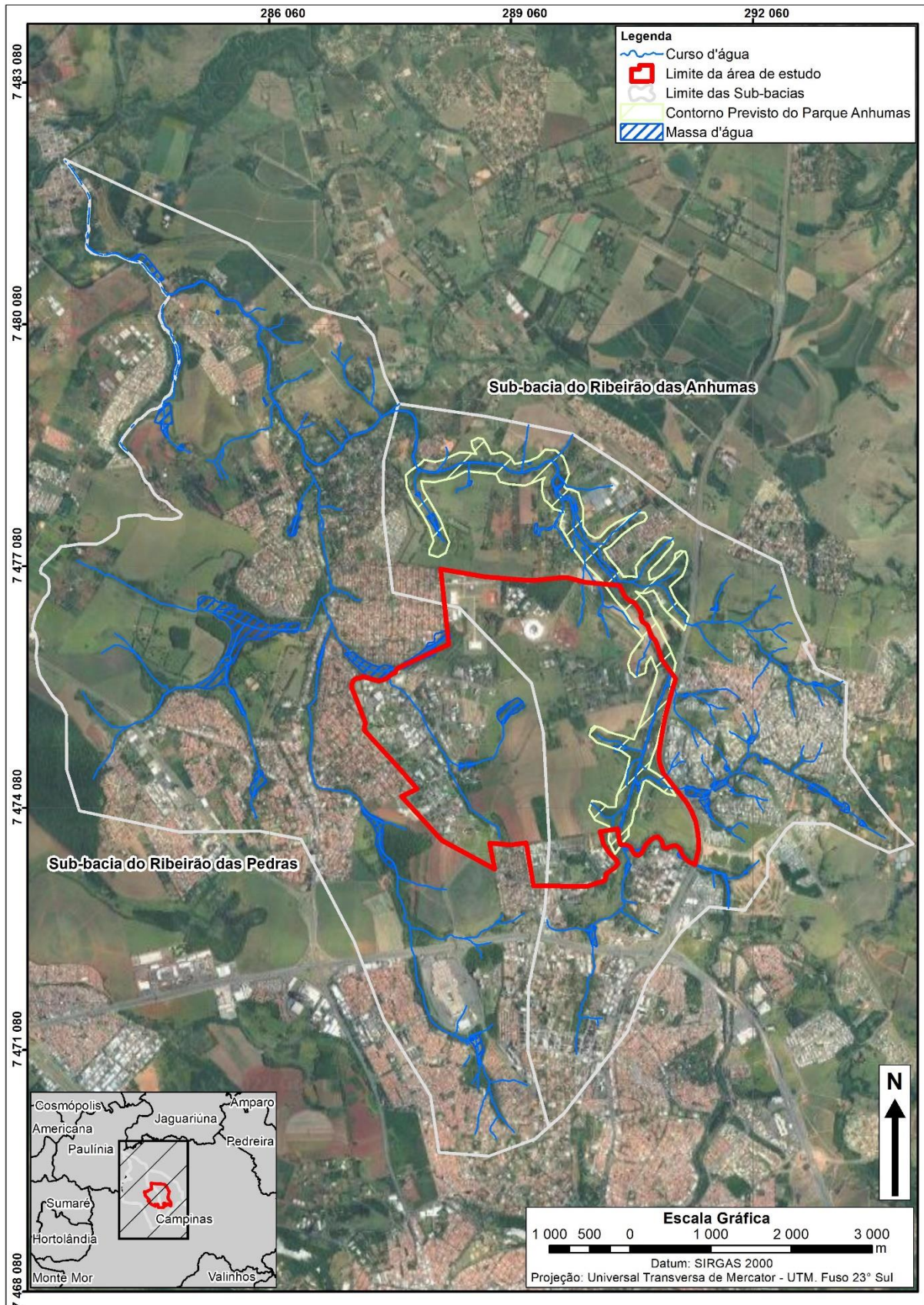


Figura 5.6.4.3-5. Representação do trecho previsto para o Parque Anhumas, que constituem a Classe 4.3 da Carta de Aptidão Consolidada nas sub-bacias em que a área de estudo e seu entorno estão inseridos (Fonte: REGEA, 2022).

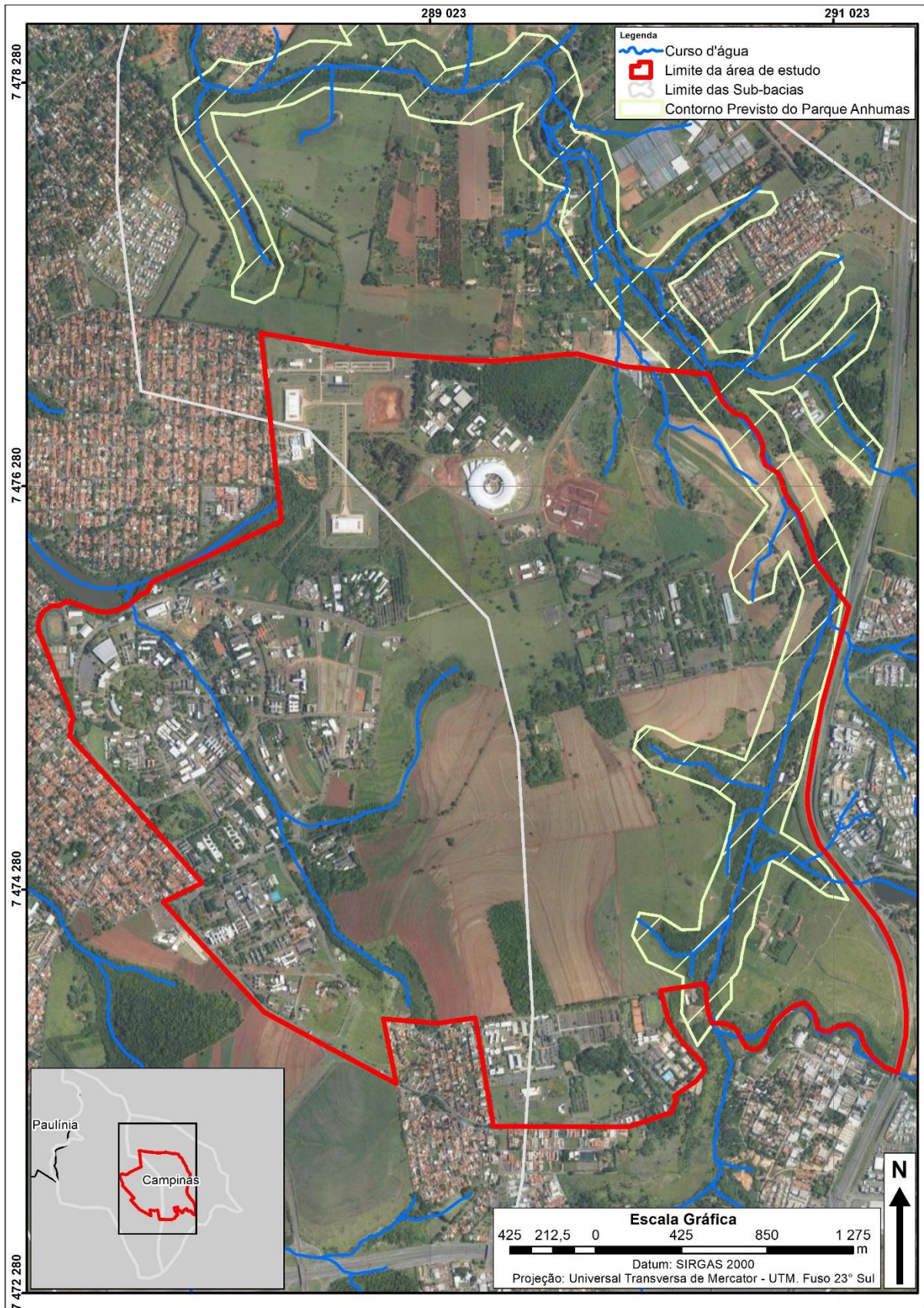


Figura 5.6.4.3-6. Representação do trecho previsto para o Parque Anhumas, que constituem a Classe 4.3 da Carta de Aptidão Consolidada na área do HIDS (Fonte: REGEA, 2022).



6 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

A caracterização de aquíferos foi elaborada com base no inventário de poços tubulares, bem como no levantamento de dados oriundos de relatórios técnicos regionais e locais. Esta caracterização visou apresentar as características gerais dos aquíferos livres e fraturados (cristalino) existentes no substrato, com base nos dados disponíveis e nos dados obtidos nas campanhas de campo.

6.1 AQUISIÇÃO DE DADOS DE POÇOS

Para uma melhor compreensão e caracterização das propriedades hidrogeológicas da área de estudo, foram coletados dados de diferentes poços instalados ao longo da área e de seus arredores. Os dados dos poços instalados foram adquiridos mediante consulta às bases de dados digitais do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), do Cadastro Federal da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Cadastro do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE-SP). Cada fonte de dados consultada apresenta informações diferentes para cada poço, os tipos de dados obtidos em cada fonte são discriminados na **Tabela 6.1-1**, a seguir.

Tabela 6.1-1. Dados de interesse de cada poço disponíveis nas diferentes bases de dados

Dado	SIAGAS	ANA	DAEE
Profundidade	X		
Nível Estático	X		X
Nível Dinâmico	X		
Vazão	X	X	X
Perfil Geológico	X		

6.2 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL DOS AQUÍFEROS

A área de estudo está inserida no município de Campinas, onde ocorrem três sistemas de aquíferos principais (Yoshinaga-Pereira & Silva, 1997): o Sistema Aquífero Tubarão, representado pelos sedimentos do Subgrupo Itararé, de idade permo-carbonífera; o Sistema Aquífero Cristalino, composto por rochas ígneas e metamórficas de natureza granítica e gnáissica do Complexo Itapira e Granitoide Jaguariúna, de idade pré-cambriana e cambro-ordoviciana; e Aquíferos formados por rochas de diabásio da Formação Serra Geral, formando aquíferos locais, tendo suas maiores espessuras na porção central de Campinas.

As propriedades de armazenamento e transmissividade do Sistema Aquífero Cristalino são influenciadas diretamente pelas estruturas tectônicas rúpteis presentes na área. As Zonas de Cisalhamento Campinas e Valinhos se destacam regionalmente como as estruturas mais proeminentes na área, com direção NE e faixas de milonitização. Ocorrem, de maneira secundária, falhas normais de direção NE-SW e N-S, e falhas transcorrentes e de cavalgamento, de direção NW-SE e E-W.

6.3 CARACTERIZAÇÃO LOCAL DOS AQUÍFEROS

A caracterização local dos aquíferos presentes na área de estudo foi elaborada com base no levantamento de dados oriundos de relatórios técnicos regionais e locais, artigos científicos e no inventário de poços tubulares. Realizou-se o detalhamento destas informações disponíveis nas bases de dados, e foram somadas as informações e dados obtidos durante os levantamentos de



campo, somados às compartimentações geológico-geotécnicas e das cartas temáticas elaboradas.

Os aquíferos que integram a área de estudo podem ser classificados em três grandes categorias (**Figura 02** do **Anexo C**): aquíferos sedimentares (Subgrupo Itararé), aquíferos em rochas cristalinas máficas (Formação Serra Geral) e aquíferos em rochas cristalinas ácidas (Complexo Itapira e Suíte Granítica Jaguariúna).

Os aquíferos sedimentares são compostos por os depósitos recentes de aluvião quaternários e as rochas sedimentares do Grupo Itararé, e apresentam como porosidade principal a primária, podendo ocorrer associação com a porosidade secundária, associada a estruturas rúpteis, como fraturas e falhas locais ou regionais.

Os aquíferos em rochas cristalinas máficas ocorrem em diabásios, estes se referem aos derrames e intrusões da Formação Serra Geral, e possuem apenas a porosidade secundária que, devido ao resfriamento do diabásio, são normalmente fraturas horizontais e verticais, que podem estar interconectadas.

Os aquíferos em rochas cristalinas ácidas são formados por granitos e gnaisses, estas litologias fazem parte do embasamento cristalino da área, e possuem somente a porosidade secundária, formada por fraturas e falhas tectônicas.

O nível freático da área foi estimado com base nos dados de poços do DAEE, por apresentar dados mais atualizados que das demais fontes, apesar de apresentar apenas os dados de nível estático dos poços, sem apresentar a informação sobre o momento (data) de aquisição da medida do NA, bem como à qual unidade aquífera ela se relaciona. Portanto, para elaboração do mapa apresentado na **Figura 6.3-1**, assumiu-se que os aquíferos possuem conexão entre si. Para elaboração de um mapa potenciométrico mais preciso, será necessário aquisição dos níveis de água em poços e aquisição das profundidades totais e dos filtros.

Como uma forma de análise preliminar de cada aquífero, os poços foram separados de acordo com sua localização dentro das unidades aquíferas do mapa geológico e analisados quanto à sua vazão. Sabe-se que são dados de épocas distintas e não necessariamente representam a situação atual dos aquíferos locais. A vazão foi utilizada para as análises iniciais pois é o único dado de produção em comum a todas as três bases de dados.

Gráficos de frequência acumulada foram elaborados para avaliar o comportamento de cada unidade aquífera nas diferentes bases de dados (**Figura 6.3-2** a **6.3-4**). Apesar das diferenças entre os bancos de dados e dos dados de vazão acima dos 100 m³/h de alguns poços do banco de dados da ANA, notou-se um comportamento similar entre os poços de uma mesma unidade aquífera, sendo os poços localizados no Complexo Granítico Jaguariúna os com menor vazão e os poços localizados sobre o Subgrupo Itararé os com maior vazão.

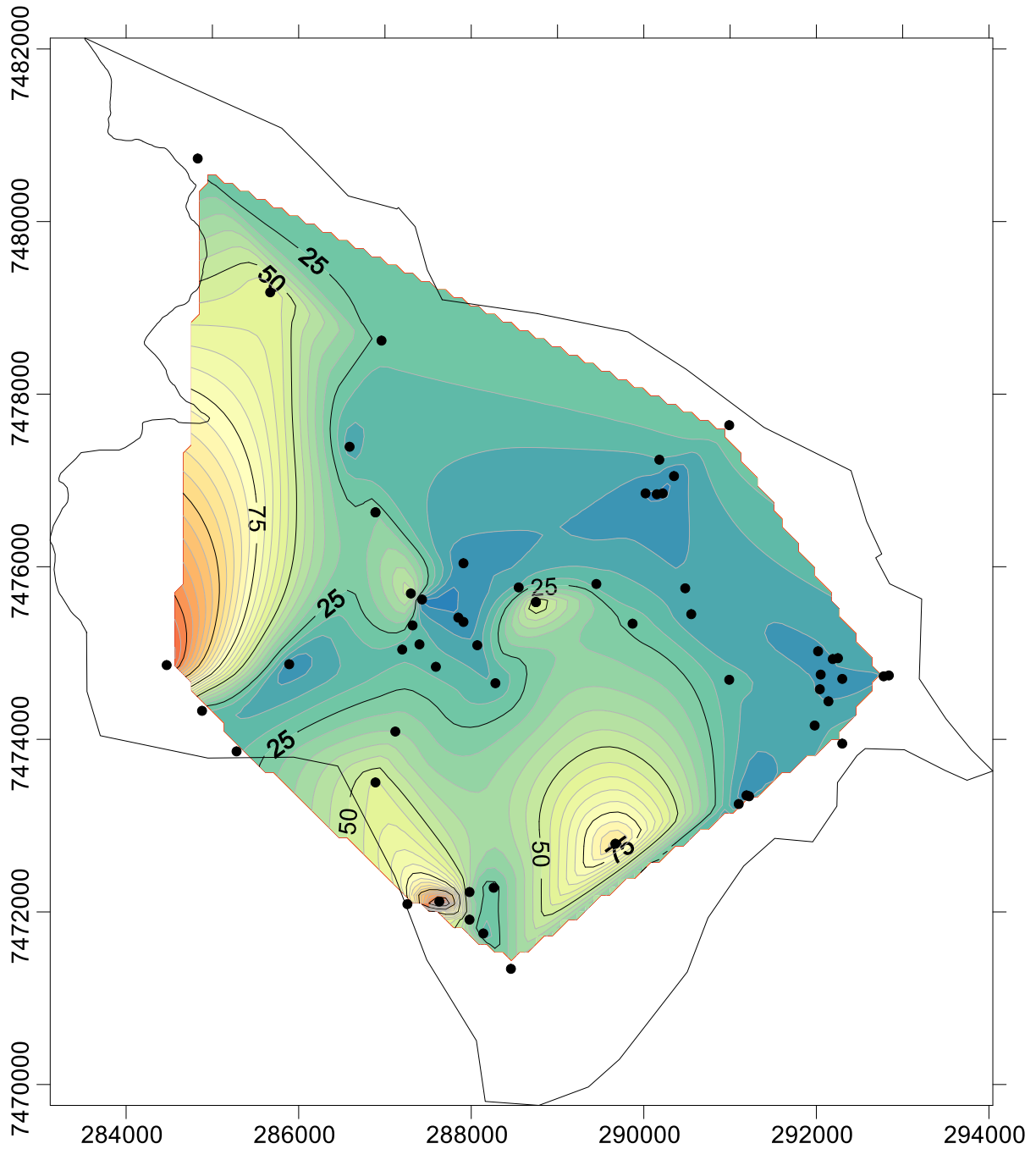


Figura 6.3-1. Potenciometria estimada a partir dos poços da base de dados DAEE (poços indicados na figura).

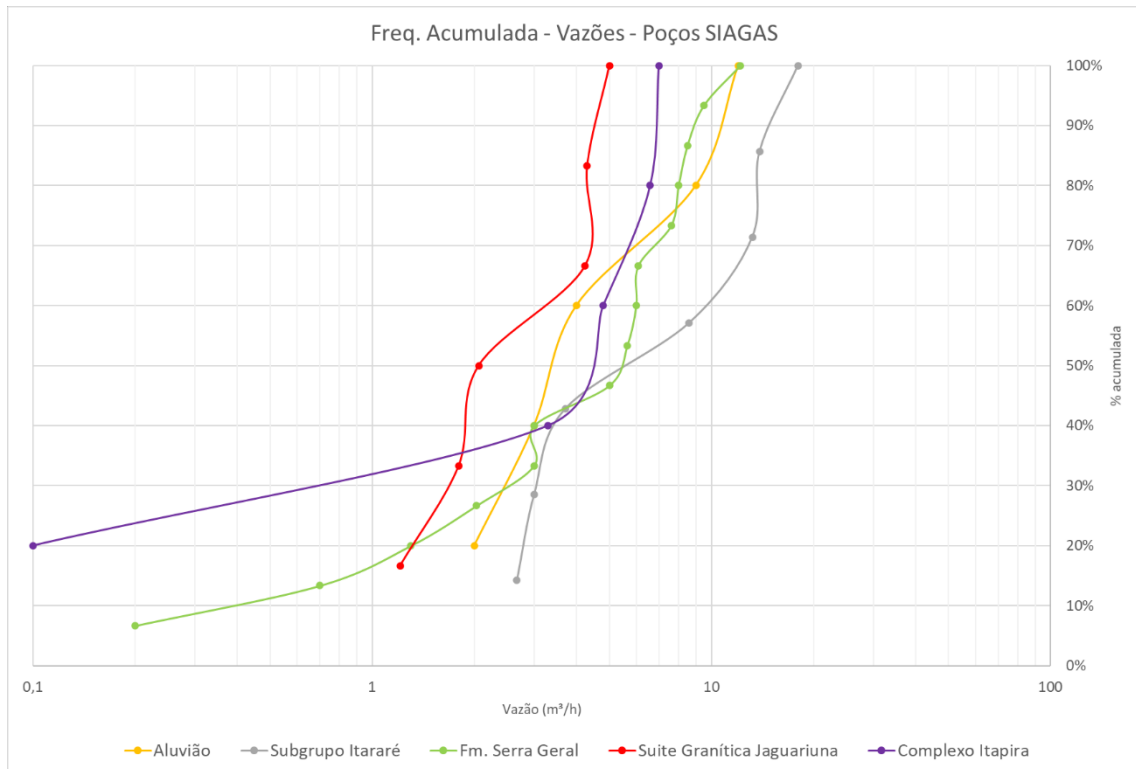


Figura 6.3-2. Frequências acumuladas dos dados de vazão dos poços SIAGAS, separados por unidade aquífera.

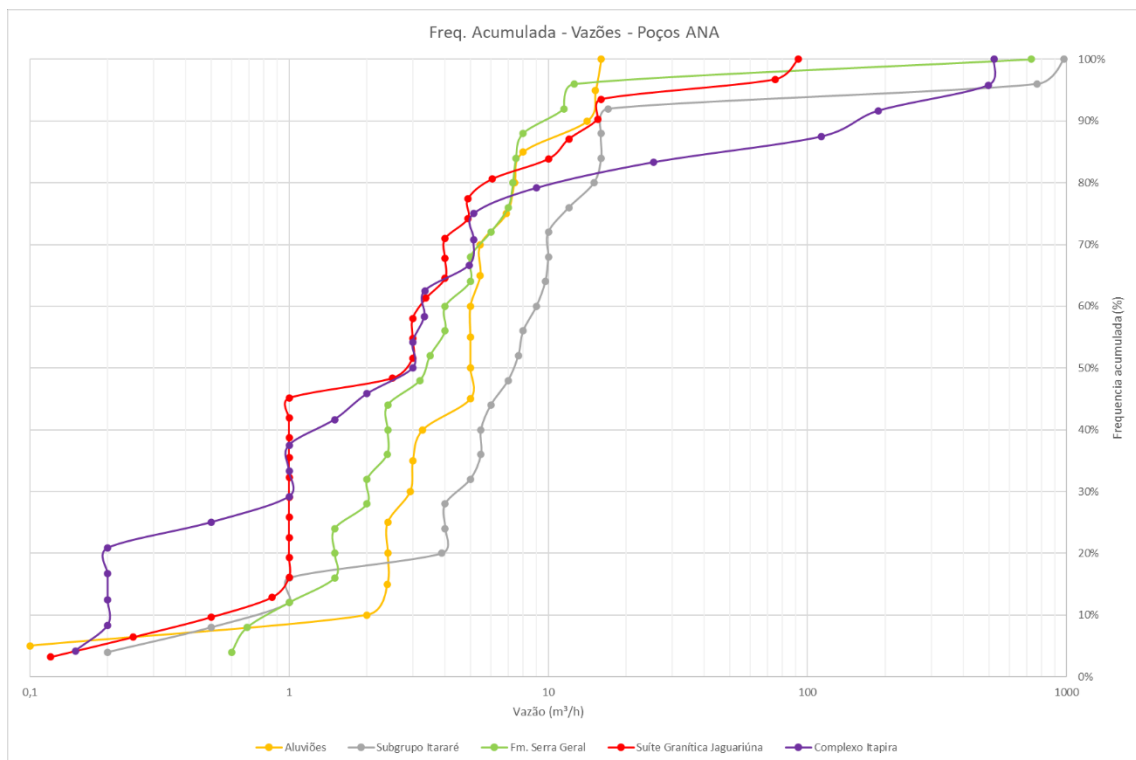


Figura 6.3-3. Frequências acumuladas dos dados de vazão dos poços ANA, separados por unidade aquífera.

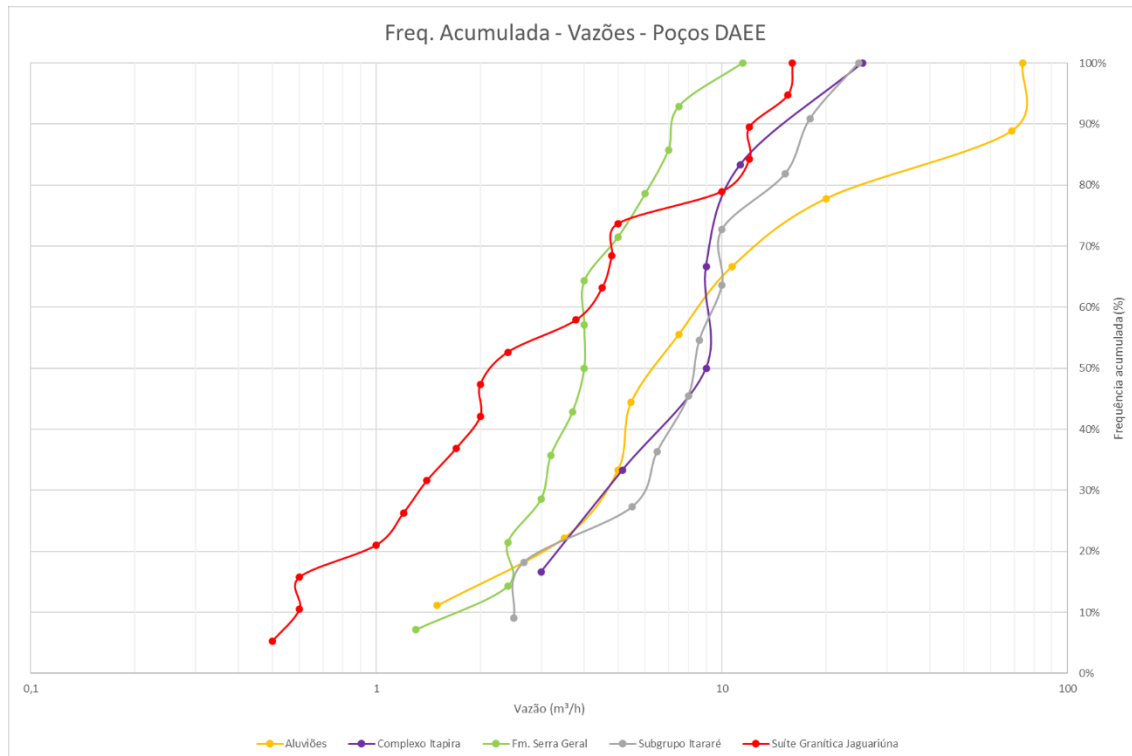


Figura 6.3-4. Frequências acumuladas dos dados de vazão dos poços DAEE, separados por unidade aquífera.

6.3.1 SEÇÕES-TIPO GEOLÓGICAS

Para uma análise mais detalhada do comportamento hidrogeológico dos aquíferos, foi utilizada a base de dados dos poços registrados no SIAGAS. Uma vez que esta base de dados apresenta informações detalhadas sobre dados geológicos e construtivos de 38 poços ao longo da área de estudo (**Figura 41** do **Anexo H**). Com base nos dados de descrição de litologia destes poços, foram elaboradas duas seções-tipo geológicas, para auxiliar na caracterização local dos aquíferos. As localizações destas seções estão indicadas na **Figura 41** do **Anexo H**, enquanto as **Figura 42** do **Anexo H** apresentam as seções-tipo traçados a partir destes dados.

Estes poços foram utilizados para o estudo da capacidade específica de cada aquífero a partir de duas óticas distintas: analisando a unidade geológica onde o poço foi perfurado e a partir da análise dos dados de perfuração de cada poço.

6.3.2 ANÁLISE DOS AQUÍFEROS CARACTERIZADOS

Ao plotar um gráfico de frequência acumulada de capacidades específicas para as unidades geológicas presentes na área, observa-se que os poços localizados no Subgrupo Itararé são os com maior capacidade específica, e os localizados na Suíte Granítica Jaguariúna os com menor capacidade específica, validando as análises de vazão realizadas anteriormente. Os localizados na Formação Serra Geral tem valores de vazão bastante variáveis, mas em geral são mais produtivos que os poços localizados nas unidades graníticas e gnáissicas (**Figura 6.3.2-1**).

A mesma análise foi elaborada para este conjunto de poços a partir das descrições litológicas das perfurações e perfis construtivos disponíveis. Na **Figura 6.3.2-2** observa-se que os poços com maiores capacidades específicas são aqueles que captam água de aquíferos sedimentares



e de aquíferos fraturados em granitos e gnaisses, sendo seguidos pelos poços que captam água somente dos aquíferos fraturados de granitos e gnaisses.

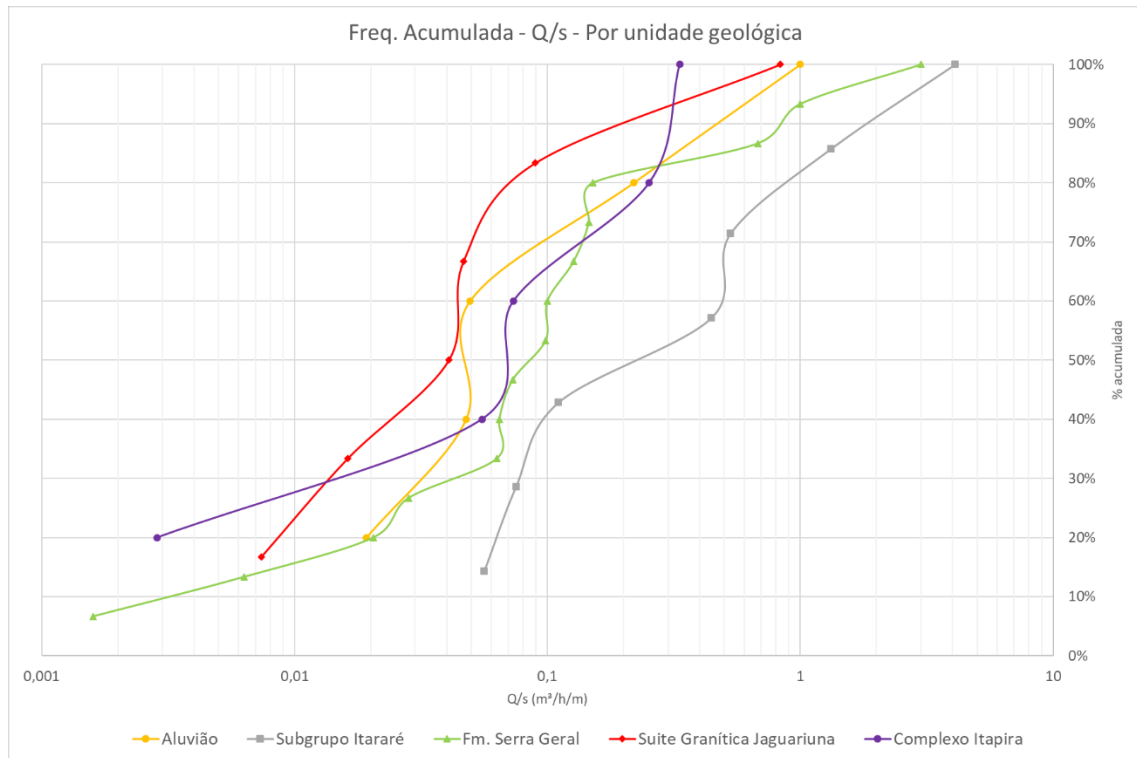


Figura 6.3.2-1. Frequência acumulada das capacidades específicas dos poços na área de estudos, separados por unidades do mapa geológico.

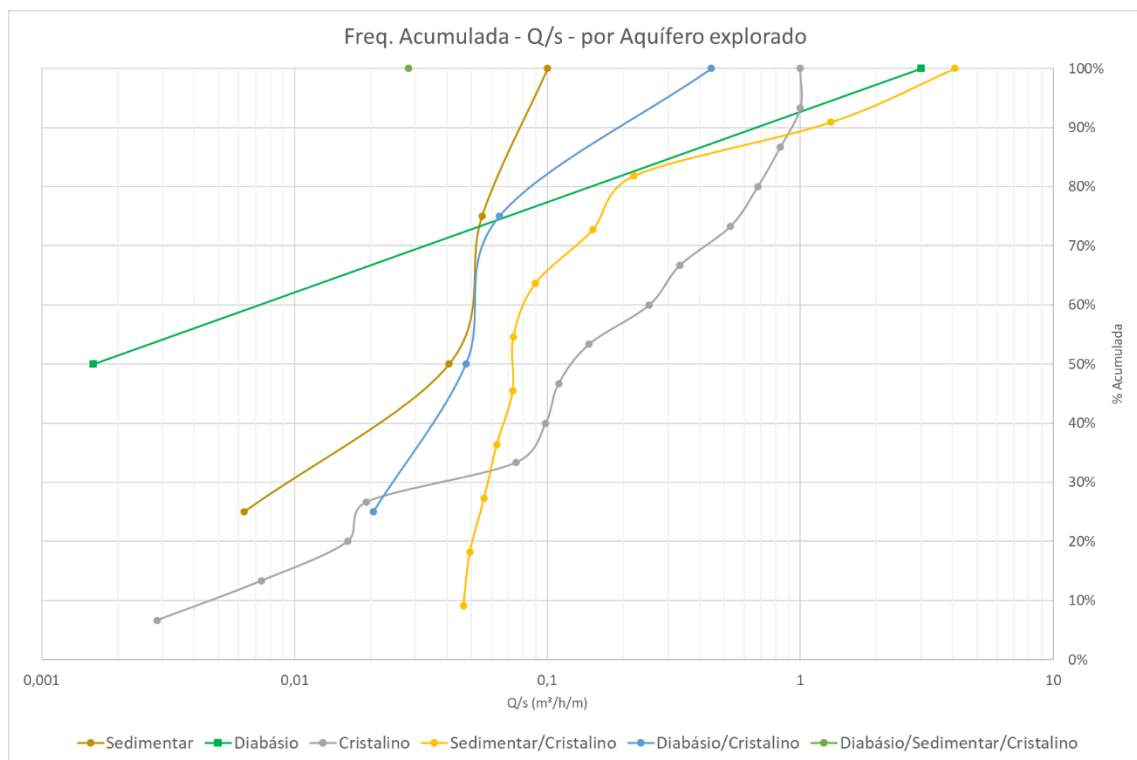


Figura 6.3.2-2. Frequência acumulada das capacidades específicas dos poços na área de estudos, separados por aquíferos explorados.



Vilela & Silva de Abreu (2021) realizaram alguns experimentos de conectividade entre aquíferos a partir de testes de bombeamento em poços dentro do Campus da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), que se encontra na porção central da área de estudos (**Figura 6.3.2-3**), estes poços compõem a base de dados SIAGAS.

Os poços foram bombeados por 24 horas e monitorados quanto à sua variação de nível, seja por medidor manual ou por transdutor de pressão. Dos resultados obtidos pelas autoras, destaca-se a variação de nível estático de 30 metros do poço Carvão após o início do bombeamento do poço IMECC, não sendo o mesmo afetados pelos bombeamentos dos poços Zoologia e FEF (**Figura 6.3.2-4**).

O poço SIARQ, por sua vez, sofreu efeito de rebaixamento após o início do bombeamento do poço Zoologia, menos acentuada, na grandeza de decímetros (**Figura 6.3.2-5**), não sofrendo influência do bombeamento dos poços FEF e IMECC.



Figura 6.3.2-3. Poços de captação de água dentro do Campus da Unicamp.

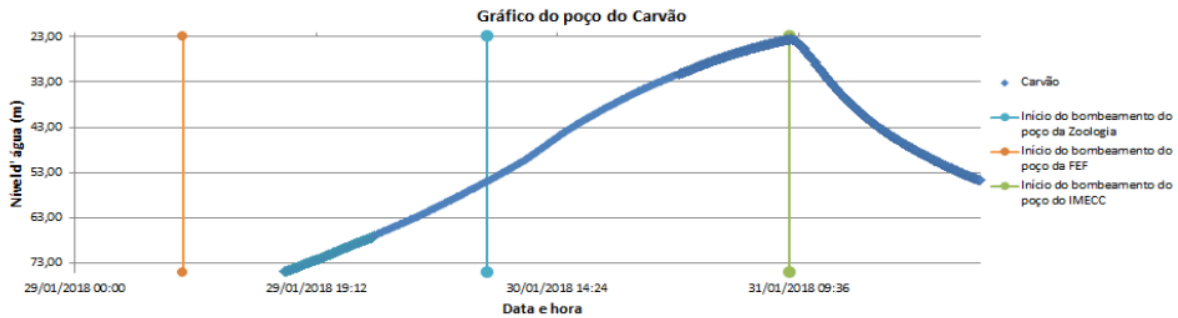


Figura 6.3.2-4. Gráfico de variação do nível estático no Poço Carvão.

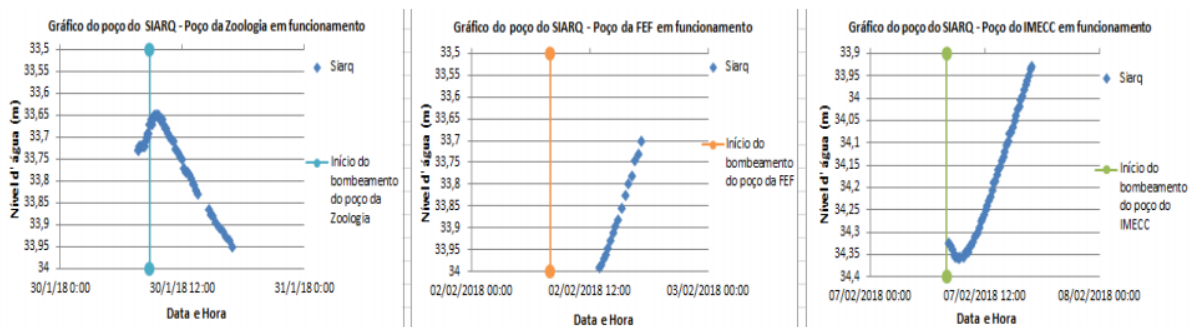


Figura 6.3.2-5. Gráficos de variação de nível estático no poço SIARQ.

Ao analisar os perfis geológicos destes poços, que constam em Vilela (2018), nota-se que as conectividades entre os poços se dão principalmente por estruturas rúpteis, uma vez que a grande maioria dos poços capta a água dos aquíferos fraturados em granitos, gnaisses e diabásios. Desta forma, conclui-se assim que os aquíferos presentes na área são conectados entre si pelo sistema de fraturas.

Lineamentos são a expressão de estruturas rúpteis de grande porte na superfície, e uma vez que se identificou que a porosidade secundária é a principal nos poços da área de estudo, é importante que estes sejam identificados. A presença de lineamentos pode influenciar o aumento ou diminuição da produtividade em poços tubulares profundos, servindo como caminhos preferenciais de fluxo ou como barreiras ao mesmo, dependendo da sua composição e seus aspectos genéticos.

A análise de lineamentos foi realizada por meio de interpretação de estruturas lineares em arquivo MDT, com pixel de 5,0 m, sombreado por vários ângulos (45°, 125°, 235° e 315°), permitindo a identificação de estruturas lineares com direções predominantes para NNW-SSE (Figura 6.3.2-6).

A partir do traçado dos lineamentos, foi feita a análise da distância entre os poços e as estruturas identificadas, estas classificadas de acordo com sua direção média em estruturas E-W (1), NW-SE (6), NNW-SSE (17), N-S (6), NNE-SSW (1) e ENE-WSW (7).

Desta maneira, foi descrito o comportamento da capacidade específica dos poços em relação ao seu distanciamento do lineamento mais próximo, conforme o gráfico da Figura 6.3.2-7. Observou-se que os poços que se distanciam de lineamentos NW-SE tendem a ser mais produtivos, o que indica que lineamentos desta direção influenciam negativamente na condutividade dos aquíferos, enquanto os poços que se distanciam de lineamentos NNW-SSE e ENE-WSW tem uma diminuição de sua capacidade específica com o aumento da distância, indicando que lineamentos destas direções favorecem a condutividade dos aquíferos.

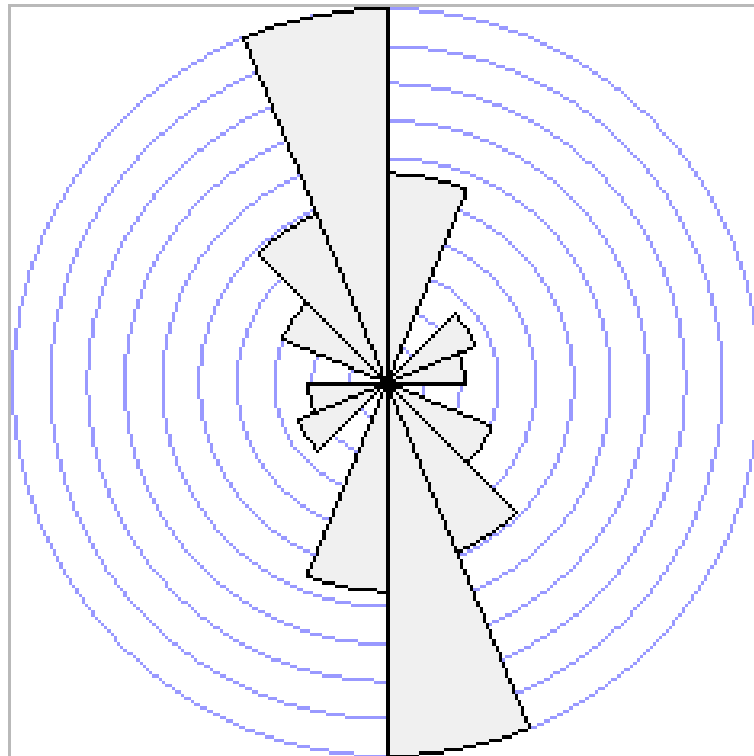


Figura 6.3.2-6. Roseta de direções principais dos lineamentos traçados a partir do sombreamento de relevo.

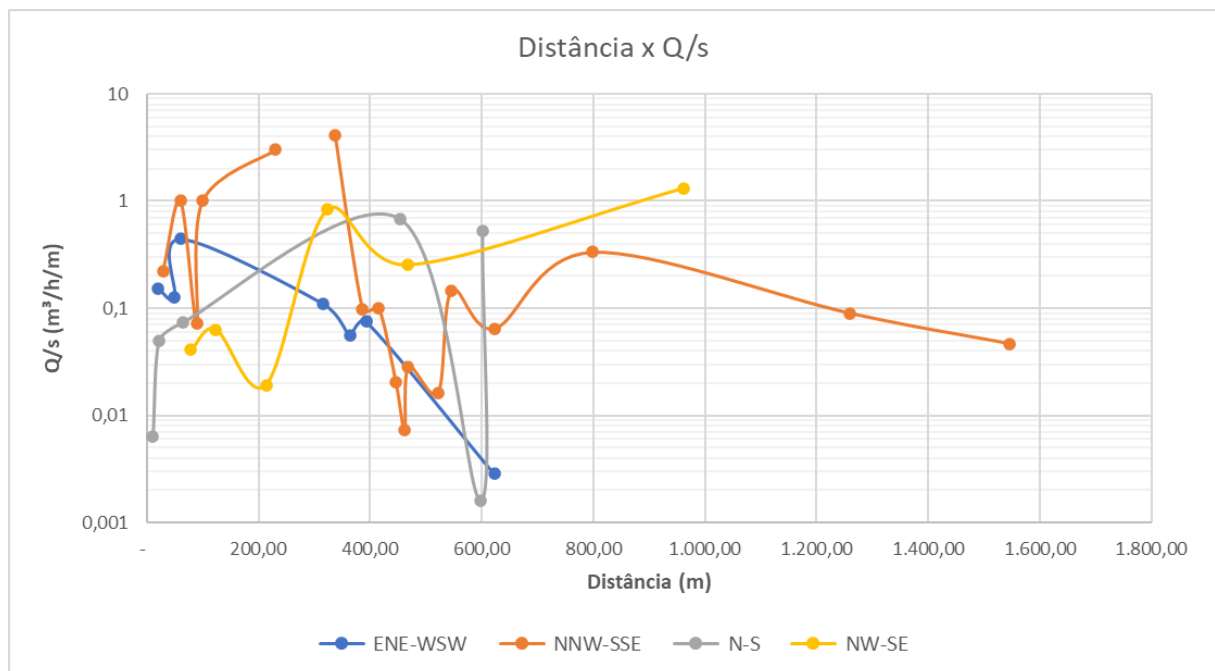


Figura 6.3.2-7. Gráfico de correlação entre capacidade específica dos poços e distância do lineamento mais próximo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste item são apresentadas as considerações acerca da cartografia geotécnica realizada na área de estudo, compreendendo os aspectos relativos à suscetibilidade, aptidão ao uso e hidrogeologia, bem como sobre a caracterização das APPs existentes na área de estudo.



7.1 SUSCETIBILIDADE E APTIDÃO AO USO

A área de estudo foi classificada de acordo com a sua suscetibilidade e aptidões aos diferentes tipos de usos do terreno. Estas classificações foram desenvolvidas a partir dos múltiplos planos de informação obtidos a partir das bases de informações disponíveis em escala regional, local e a partir das vistorias de campo realizadas na área.

Os resultados destas classificações são apresentados detalhadamente sob a forma de mapas, apresentados nas **Figuras 14 a 16 do Anexo F** para a análise da suscetibilidade aos desastres naturais, e **Figuras 17 a 26 do Anexo G** para análise das aptidões ao uso, que são: a) Urbanização Frente a Desastres Naturais; b) Urbanização Frente às Características Geotécnicas do terreno; c) Construção de Estradas; d) Escavações; e) Fundações, culminando em uma Carta Geotécnica Consolidada (**Figuras 27 a 40 do Anexo G**), compreendendo a análise conjunta das aptidões à urbanização das cartas anteriores, bem como o detalhamento das áreas consideradas inaptas à ocupação.

As classificações obtidas indicam suas respectivas aptidões aos usos propostos, considerando suas características morfológicas, morfométricas, geológicas, geotécnicas e pedológicas, bem como as Tabelas-Síntese indicam quais são as principais adversidades prováveis em cada compartimento do relevo, possibilitando um incremento de informações aos projetos de ocupação do terreno.

Dentre as características do terreno consideradas para a classificação da aptidão, a suscetibilidade aos desastres naturais teve maior relevância, com destaque para a suscetibilidade aos processos de inundações, uma vez que a cartografia elaborada demonstra que cerca de 24,29% do terreno do HIDS encontra-se inserido em contextos de áreas com Alta Suscetibilidade a Processos de Inundações (com ocorrências pretéritas registradas) e Baixa Suscetibilidade a Processos de Inundações (trechos próximos às várzeas e aluviões que não apresentam histórico de inundações, mas cuja configuração de relevo indica a possibilidade de ocorrência de futuros eventos), bem como áreas com restrições legais e de conservação previstas em legislação federal e municipal. Este contexto deve ser considerado, sobretudo com os episódios pluviométricos de maior intensidade e acúmulo de chuvas que vêm sendo observados no país, bem como os diferentes cenários que vêm sendo analisados para que sejam feitas as devidas correções nos cenários de recorrência de eventos pluviométricos extremos que deverão nortear os projetos pretendidos na área de estudo.

Em linhas gerais, destacamos maiores aptidões aos múltiplos usos propostos para terrenos formados por topos de morros, vertentes e talvegues, com geometrias favoráveis à segurança geotécnica e/ou frente aos desastres naturais. Nestas áreas, há uma menor necessidade de intervenções no terreno sob o ponto de vista da estabilização de taludes de corte e de aterro, bem como os sistemas de drenagem superficial têm baixa complexidade.

As áreas indicadas como aptas mediante restrições apresentam terrenos formados por cabeceiras, fundos de vale ou vertentes com geometrias desfavoráveis à segurança geotécnica e com maiores suscetibilidades aos desastres naturais, com destaque para processos de inundações, seguidos pelos processos de movimentos de massa e formação de processos erosivos. Nestes locais, há maior necessidade de intervenções de estudos e obras para estabilização de taludes de corte e de aterro, bem como há uma maior complexidade nos sistemas de drenagem superficial e, eventualmente, subsuperficial. Nos compartimentos classificados como aptos com restrições severas ao uso, as condições morfológicas e morfométricas do terreno demandam intervenções estruturais de porte e complexidade maiores que os compartimentos aptos com restrições menores.



Como possibilidade a ser considerada para a futura ocupação da área do HIDS, sugere-se considerar a ocupação prioritária destes trechos aptos com restrições, desde que sejam realizados os estudos geotécnicos e, principalmente, hidrológicos, adequados à manutenção da segurança e ao fornecimento de parâmetros de projeto, evitando que estes locais sofram futura ocupação desordenada ou inadequada que poderão, nestes casos, agravar as suscetibilidades naturais destes terrenos que, quando ocupados de forma imprópria, podem tornar-se áreas de risco para residentes ou transeuntes.

Para os projetos visando a ocupação de quaisquer que sejam as áreas, deverão ser realizados levantamentos topográficos cadastrais, que fornecerão os dados para a elaboração dos projetos de drenagem superficial, corte, aterro e de eventuais obras de contenção. Estes levantamentos topográficos deverão ser realizados em escala 1:1.000 ou de detalhe superior, contemplando o detalhamento das seções dos corpos hídricos, que fornecerão subsídios para a realização de estudos hidrológicos e para o incremento da compreensão dos processos potencialmente danosos ao terreno. Deverão, ainda, ser realizadas campanhas de sondagem com ensaios SPT (*Standard Penetration Test*) e ensaios de resistência do solo e rochas do substrato, de acordo com o uso pretendido para a área, para obtenção dos parâmetros geológico-geotécnicos necessários.

As áreas cuja suscetibilidade aos desastres naturais ou em que as características frente ao uso pretendido indiquem inaptidão deverão ser exclusas dos projetos de ocupação, e seu uso deverá ser realizado apenas de acordo com projetos específicos, como a locação de exutórios de sistemas de drenagem superficiais que direcionem aos cursos hídricos adequados a este uso, desde que sejam cumpridas as normas técnicas e boas práticas de engenharia, bem como a obediência às legislações nos âmbitos municipal, estadual e federal.

Desta forma, as Áreas de Proteção Permanente também foram consideradas inaptas. A definição de seus limites deve ser objeto de estudos específicos e de maior detalhe, para que suas caracterizações possam ser associadas às cartas aqui produzidas, servindo como base para orientação dos projetos futuros.

Cabe ressaltar que a dinâmica superficial implica em evolução e modificações do terreno ao longo do tempo, alterando as características levantadas e que, futuramente, poderão modificar o contexto sob o qual as aptidões e suscetibilidades foram analisados. Desta forma, recomenda-se a reavaliação local do terreno após a aquisição de dados mais precisos, ou após a execução de obras que alterem as características de um determinado terreno.

7.1.1 ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE NA ÁREA DO PROJETO

O presente relatório apresenta os resultados de um estudo histórico dos corpos d'água e avaliação hidrográfica preliminar da área de estudo, localizada no município de Campinas.

A partir dos dados apresentados nesse relatório técnico, concluiu-se que na área de estudo há incidência de APPs relacionadas a nascentes difusas, cursos d'água intermitentes e perenes, represamentos de cursos d'água e áreas úmidas associadas aos cursos d'água.

As APPs foram traçadas considerando o cenário ambiental atualmente existente na área, adotando-se critérios conservadores e de acordo com a legislação mais restritiva. A delimitação das APPs realizada neste trabalho possui caráter preliminar, e deve ser utilizada apenas com o intuito de orientar os estudos para as ocupações pretendidas na área do projeto HIDS, sendo necessários estudos complementares para suas delimitações em nível de detalhe de projeto.

Considerando que as observações de superfície foram realizadas em abril, fora do período de cheia; que foram relatadas alterações de nível d'água nos poços encontrados de acordo com



moradores, indicando variação do lençol freático de acordo com a sazonalidade do ano; que há imprecisão quanto à delimitação dos corpos d'água, nascentes, áreas úmidas e planícies de inundação; seguem algumas recomendações:

- Realização de levantamento planialtimétrico para a delimitação precisa dos corpos d'água, nascentes, áreas úmidas, várzeas e planícies de inundação em período de cheia, de modo a definir as Áreas de Preservação Permanente com precisão;
- Instalação de poços de monitoramento (piezômetros) à montante e em perfil paralelo ao longo dos talwegues para monitoramento do nível d'água estático;
- Realização de visitas (no mínimo, trimestrais), em distintas épocas do ano (chuvoso e seco), para um acompanhamento sistemático ao longo de, no mínimo, um ano hidrogeológico. Essas visitas devem incluir o monitoramento dos níveis d'água nos piezômetros instalados.

7.2 HIDROGEOLOGIA

O levantamento dos dados bibliográficos regionais de trabalhos anteriores, somados aos dados obtidos a partir de poços cadastrados nas bases de dados do SIAGAS, ANA e DAEE-SP, proporcionaram informações para a descrição das características gerais dos aquíferos observados na área, assim como dos seus padrões de comportamento hidrogeológicos.

A área de estudo comporta três unidades aquíferas distintas: a) Aquífero Sedimentar, composto por rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, que compreende o Aquífero Tubarão, e por Aluviões de idade Quaternária; b) Aquífero em rochas cristalinas máficas: composto pelos diabásios associados aos derrames da Formação Serra Geral; e c) Aquíferos em rochas cristalinas ácidas, composto pelas Complexo Itapira e pela Suíte Granítica Jaguariúna.

Em função da sua composição, o Aquífero Sedimentar apresenta maior fluxo de água através de porosidade primária, enquanto os aquíferos em rocha cristalina apresentam maior fluxo de água através de sua porosidade secundária, formada principalmente por fraturas causadas pelo tectonismo da evolução do terreno.

Os dados de vazão dos diferentes poços apontam maiores vazões para os poços instalados nos aquíferos sedimentares, enquanto os aquíferos em rocha cristalina ácida apresentam as menores vazões.

Ensaio de bombeamento realizados na área indicam que todos os aquíferos apresentam conexão entre si, as conexões decorrem das estruturas rúpteis regionais, como falhas e fraturas. Estas estruturas regionais influenciam na produtividade dos poços, e de maneira geral observa-se que os poços são mais produtivos quando estão próximos às estruturas com orientação ENE-WSW, e distantes de estruturas NW-SE.



8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Antonio Manoel dos Santos Oliveira e Sérgio Nertan Alves de Brito (editores). São Paulo. 1998. 587p.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, RJ: ABMS/ABGE. p. 721-733.

BONGIOVANNI, L. A.; FREITAS, J. O.; ALVES, F. M. Desenvolvimento sustentável e gestão de risco de desastres naturais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA, 2016, São Paulo. Anais... São Paulo, SP, p. 22-28.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-publicacaooriginal-136199-pl.html>. Acesso em março de 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S.; OGURA, A.T. (Orgs.), Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, 176 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE. In: Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012.

CARDOSO, D.; RIEDEL, P.S.; VEDOVELLO, R.; BROLLO, M.J.; TOMINAGA, L.K. Compartimentação fisiográfica do município de Peruíbe, litoral de São Paulo - uma abordagem metodológica como subsídio à avaliação geotécnica de terrenos. Pesquisas em Geociências, v.36, n.3, p.251-262, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/igeo/pesquisas/3603/02-3603.pdf>

COELHO, R.M.; VALADARES, G.S.; CHIBA, M.K. Mapa pedológico semidetalhado do município de Campinas, SP. IAC/EMBRAPA, 2008.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geodiversidade do Estado de São Paulo. CPRM, 2009.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Mapa Geodiversidade do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14713?mode=full>. Acesso em Maio de 2020.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Cartas de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações, 1:25.000: nota técnica explicativa / coordenação Omar Yazbek Bitar. -- São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF. 2014.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geodiversidade do Estado do Paraná, 2015. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16856?mode=full>. Acesso em Março de 2022.

CROSTA, A. P. 1992. Processamento Digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas, SP: IG- UNICAMP, 1992, p. 170.

FERNANDES, A. J.; AZEVEDO SOBRINHO, J. M.; TEIXEIRA, A. L. 1993. Mapa Geológico do Município de Campinas (Anexo 2.1) e Mapa de Pontos Geológicos e Geomorfológicos do Município de Campinas (Anexo 2.2). In: Instituto Geológico (SP). Subsídios do meio físico



geológico ao planejamento do Município de Campinas. São Paulo. 03 volumes. (Relatório Técnico do Instituto Geológico).

FERNANDES DA SILVA, P.C.; ANDRADE, E.; ROSSINI-PENTEADO, D. Mapeamento de perigos e riscos de inundação: uma abordagem semiquantitativa. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 13-38, 2014.

FERNANDES DA SILVA, P.C.; ANDRADE, E.; DANNA, L.C. Mapeamento de risco à inundação/ em municípios do Vale do Paraíba (SP): abordagem metodológica para delimitação e caracterização de setores de perigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 11, 2011, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. CD-ROM.

FERREIRA, C.J.; ROSSINI-PENTEADO, D.; GOUVÊIA, C.R.; ROCHA, G.M.; SOUZA, L.; GUEDES, A.C.M. Integração de mapeamento de risco e índices pluviométricos no monitoramento e alerta de risco de escorregamentos planares no Litoral Norte do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Vol. 5 – Nº 01. 2015.

FERREIRA, C.J.; ROSSINI-PENTEADO, D.; GUEDES, A.C.M. O uso de sistemas de informações geográficas na análise e mapeamento de risco a eventos geodinâmicos. In: FREITAS, M.I.C & LOMBARDO, M.A.: Riscos e Vulnerabilidades: Teoria e prática no contexto Luso-Brasileiro. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013.

FERREIRA, C.J.; ROSSINI-PENTEADO, D. Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 11, 2011, São Paulo. Anais. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. CD-ROM.

FREIRES, E; NETO, C. A.; SILVA, M.; DUARTE, C.; VERÍSSIMO, C.; GOMES, D. Analysis of the natural vulnerability of soil loss in the Uruburetama Massif/CE. Journal of Hyperspectral Remote Sensing. 2019. 9. 116-130. 10.29150/jhrs.v9.3.p116-130. Acesso em março de 2022.

GOERL, R. F. et al., 2017. O modelo HAND como ferramenta de mapeamento de áreas propensas a inundar. Florianópolis, s.n.

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO DA SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Avaliação e Mapeamento de Risco (Escala Regional e Local) de parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP – Trechos Leste/Sudeste) e da Baixada Santista. São Paulo, 2020. Disponível em: < <https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1j63-0LaNH4WNAChBhUZHcpZ1YmEp5IEE>>. Acesso em dezembro de 2021.

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO DA SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Avaliação e Mapeamento de Risco (Escala Regional e Local) de parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP – Trechos Norte/Oeste/Sudoeste/Sudeste) e do Litoral Norte. São Paulo, 2020. Disponível em: < <https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1j63-0LaNH4WNAChBhUZHcpZ1YmEp5IEE>>. Acesso em dezembro de 2021.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/CEMADEN. Assessment of impacts and vulnerability to climate change in Brazil and strategies for adaptation option. São José dos Campos, SP, 2016. Disponível em: <<https://bv.fapesp.br/en/auxilios/29498/assessment-of-impacts-and-vulnerability-to-climate-change-in-brazil-and-strategies-for-adaptation-op/>>. Acesso em julho de 2021.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/GPMC. Sumário das mudanças de clima projetadas pelo INPE CCST para o Brasil até final do Século XXI, e dos seus impactos,



para um cenário de altas emissões: relatório técnico. Cachoeira Paulista, SP, 2007. Disponível em: <www.ccst.inpe.br/>. Acesso em julho de 2021.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 2001, 398 p.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014, 151 p.

IPT/DAEE. Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo, 2013.

IPT/DAEE. Mapa de Erosão do Estado de São Paulo, 2013.

IPT/ DAEE. Relatório Técnico 36.071-205: Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Síntese. São Paulo, 1997.

IWASA, O.Y.; ASSANO, V. Y.; ALVES, F.M.; ALVES, C.F.C.; MAGRO, S.A.; FAGUNDES, M.G.; BONGIOVANNI, L.A.; MOREIRA, M.R.; PEIXOTO FILHO, G.E.C.; SCHADECK, R. Vulnerabilidade da ocupação em setores de risco a movimentos gravitacionais de massa e inundação no município de Luiz Alves, Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 2013, Rio de Janeiro - RJ. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2013. CD-ROM.

KURKDJIAN, M.L.M.O. Um método para a identificação e análises de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de sensoriamento remoto, com vistas ao planejamento urbano. 1986. 158 f. [Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo]. São Paulo, 1986.

MACEDO, E. S.; SANTOS, L. P.; CANIL, K.; SILVA, F. C.; LANÇONE, R. B.; MIRANDOLA, F. A.; COSTA, R. N.. Mapeamento de risco em assentamentos precários no município de São Paulo (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 13, 2011, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 2011. v. 1 CD. p. 1-10.

MACEDO, E.S.; OGURA, A.T.; CANIL, K.; ALMEIDA FILHO, G.S.; GRAMANI, M.F.; SILVA, F.C.; CORSI, A.C.; MIRANDOLA, F.A. Modelos de fichas descritivas para áreas de risco de escorregamento, inundação e erosão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 892-907, CD-ROM.

MANSO, A. P.; BARROS, M. S.S.; OLIVEIRA, M. L. N. 1978. Determinação de Zonas homogêneas através de Sensoriamento remoto. São José dos Campos, INPE, 1978 (INPE1470-RPE/021).

MOMO, M. R. et al., 2016. Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta resolução espacial. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 21(1), pp. 200 - 208.

Nobre, A. D. et al., 2011. Height above the Nearest Drainage, a hydrologically relevant new terrain model. *Journal Hydrology*, 404(1-2), pp. 13-29.

OLIVEIRA, T.A.; RIEDEL, P. S.; VEDOVELLO, R.; SOUZA, C. R. G.; BROLLO, M. J. Utilização de técnicas de fotointerpretação na compartimentação fisiográfica do município de Cananéia, SP: apoio ao planejamento territorial e urbano. *Geociências (São Paulo)*, v. 26, p. 55-65, 2007. Disponível em: http://www.revistageociencias.com.br/26_1/Art%206%20Thomaz.pdf.



RENNÓ, C.D. et al. *HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. Remote Sensing of Environment.* 2008. v. 112, p. 3469-3481.

ROSSINI-PENTEADO, D.; FERREIRA, C.J.; GIBERTI, P.P.C. Quantificação da vulnerabilidade e dano aplicados ao mapeamento e análise de risco, escala 1:10.000, Ubatuba-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS E TECNOLÓGICOS, 2, 2007, Santos SP. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2007. CD-ROM.

SEPLAMA – SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE DA PREFEITURA DE CAMPINAS. Plano Diretor, 2006.

SOLOS, EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2006.

STRAHLER, A.N. Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, v. 63, n. 9, p. 923-938, 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transaction of American Geophysical Union*. v. 38, p. 913-20, 1957

TOMINAGA, L.K.; FERREIRA, C.J.; VEDOVELLO, R.; TAVARES, R.; SANTORO, J. & SOUZA, C.R. de G. Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do Litoral Norte de São Paulo: conceitos e técnicas. In: PEJON, O.; ZUQUETTE, L. (eds.): SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5, 2004, São Carlos. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2004. CD-ROM, p. 205-216.

TOMINAGA, L; ROSSINI-PENTEADO, D; FERREIRA, CJ; VEDOVELLO, R. Mapeamento de Risco a Escorregamentos na Escala 1:10.000: Abordagem Metodológica Aplicada em Ubatuba, SP. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, VII, e Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2, Belo Horizonte, 01 a 08 de agosto de 2008. Anais..., Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

VEDOVELLO, R. Zoneamento geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação - UBSs. Rio Claro (SP); 2000. [Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP]. 154p.

VILELA, R. C. C. L., 2018. Estudo das interferências entre os poços tubulares profundos do Campus da Unicamp Barão Geraldo - Campinas, SP. Trabalho de Conclusão de Curso ed. Campinas: Universidade Estadual de Campinas.

VILELA, R. C. C. L. & Silva de Abreu, A. E., 2021. ESTUDO DAS INTERFERÊNCIAS ENTRE OS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS DO CAMPUS DA UNICAMP EM BARÃO GERALDO - CAMPINAS, SP, Campinas: Águas Subterrâneas.

YOSHINAGA-PEREIRA, S. & Silva, A. A. K., 1997. Condições de ocorrência das águas subterrâneas e do potencial produtivo dos sistemas aquíferos na Região Metropolitana de Campinas - SP. *Revista do Instituto Geológico*, 18(1/2), pp. 23 - 40.

ANEXO A

Tabelas de bases utilizadas no projeto

ANEXO B

Arquivos digitais (planilhas, shapefiles e rasters)

ANEXO C

Mapas base (formato PDF)

ANEXO D

Relatório de vistorias de campo para caracterização preliminar de APP

ANEXO E

Relatório de vistorias de campo

ANEXO F

Cartas de suscetibilidade

ANEXO G

Cartas de aptidão ao uso

ANEXO H

Mapa de localização das seções e seções-tipo geológicas