

CARTOGRAFIA GEOAMBIENTAL NO ESTUDO DAS SUB-BACIAS DOS CÓRREGOS TANQUINHO E DO SERRALHA NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA-SP

Layla Cristina de Freitas Assalve¹
Denise Balestrero Menezes²

Resumo: As atividades antrópicas sem planejamento afetam o equilíbrio natural das bacias hidrográficas que são dotadas da função de abastecimento de água na área urbana, impactando capacidade e qualidade da água. O objetivo foi realizar um Estudo Geoambiental com análise integrada de atributos das sub-bacias dos córregos Tanquinho e do Serralha no município de Araraquara - SP, visando definir estratégias de proteção e recuperação dos recursos hídricos. Foram elaborados documentos cartográficos na escala 1:20.000, processados em SIG por meio da operação de interseção, resultando na carta com treze Unidades Geoambientais. As diferentes classes de usos, em conjunto com as formas de relevo e os materiais inconsolidados, apresentam influências distintas nos recursos hídricos, ocasionando processos erosivos, inundações e áreas suscetíveis. Portanto, deve-se adotar práticas de manejo adequadas para recuperação de corpos hídricos, mantendo vegetação e infiltração em especial nas Unidades 2, 4, 6, 7, 8 e 10, que já sofrem com as degradações severas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Estudo Geoambiental; Zoneamento Geoambiental; Recursos Hídricos.

GEONVIRONMENT AL CARTOGRAPHY IN THE STUDY OF THE SUB BASINS OF THE TANQUINHO AND SERRALHA STREAMS IN THE MUNICIPALITY OF ARARAQUARA-SP

Abstract: Unplanned human activities affect the natural balance of river basins that serve as water supply in urban areas, impacting water capacity and quality. The objective was to carry out a Geoenvironmental Study with an integrated analysis of attributes of the sub-basins of the Tanquinho and Serralha streams in the municipality of Araraquara - SP, aiming to define strategies for the protection and recovery of water resources. Cartographic documents were created at a scale of 1:20.000, processed in GIS through the intersection operation, resulting a map with thirteen Geoenvironmental Units. The different classes of uses, together with the landforms and unconsolidated materials, have different influences and water resources causing erosion processes, floods, and areas of susceptibility. Therefore, appropriate management practices must be adopted to recover water bodies maintaining vegetation and infiltration, especially, in Units 2, 4, 6, 7, 8 and 10, which already suffer from severe degradation.

¹ Mestranda em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Email: laylaassalve@hotmail.com

² Professora Associada II no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Email: denisebm@ufscar.br

Keywords: Hydrographic basin; Geoenvironmental Study; Geoenvironmental Zoning; Water Resources.

INTRODUÇÃO

A elaboração da cartografia geoambiental possibilita a agregação e integração das informações sobre o meio físico, compiladas em um único documento, aplicado ao planejamento urbano e que estabelece limites aos empreendimentos humanos, gerando como produto o zoneamento geoambiental.

O zoneamento geoambiental é elaborado a partir de uma série de informações do meio físico, proporcionando assim parâmetros e referências para uma reavaliação permanente do processo de planejamento e a formulação de estratégias para gestão ambiental. Dentre as principais aplicações possíveis pode-se citar: plano de uso, ocupação do espaço, uso dos recursos, monitoramento ambiental, controle de degradação, obtenção e identificação das alterações gradativas das condições geoambientais em relação a solo e vegetação (Failache, 2015).

Estudos relacionados à temática ambiental, desenvolvidos por Souza *et al.* (2009), Menezes *et al.* (2013), Guerreiro *et al.* (2016), Bachurina *et al.* (2017), Inêz e Lorandi (2018) e Robaina e Trentin (2019), utilizam os parâmetros ambientais da geologia, as formas de relevo, feições da rede hidro geográfica, características do solo, feições superficiais e o uso do solo, a fim de analisar e trazer um diagnóstico do meio físico, determinando a compartimentação geoambiental, com o intuito de subsidiar o ordenamento territorial urbano.

A combinação de informações integradas resulta em uma análise diversa sobre cada uma das variáveis pesquisadas, e possibilitam identificar diferentes espaços territoriais compostos por um mosaico de zonas menores e mais homogêneas denominados de Unidades (Ross, 2020).

A definição das unidades que, condicionarão a divisão da região em áreas com heterogeneidade mínima frente aos objetivos e à hierarquia do documento cartográfico, segundo Zuquette e Gandolfi (2004), costumam ser feitas com base em unidade delimitada nos documentos cartográficos fundamentais básicos ou com base na variação dos atributos. No primeiro caso, um dos documentos é escolhido mantendo suas unidades fixas, e outras informações lhe são associadas. A segunda possibilidade depende do recurso utilizado para definição das unidades, dos números de atributos e de classes de cada atributo.

Na realização dos cruzamentos de informações para produção de cartas geoambientais são comuns a aplicação de técnicas de geoprocessamento, modelagem de dados espaciais em ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG) e *softwares*, que possibilitam o tratamento e análise de dados do meio físico, contribuindo para a elaboração do zoneamento e previsão de cenários futuros.

O SIG estabelece funções que realizam análise espacial por meio da utilização de atributos espaciais e não espaciais, busca fazer simulações (modelos) sobre os fenômenos do mundo real. Essas funções são denominadas por “álgebra de mapas” e seus elementos consistem em mapas que associam a cada local de uma dada área de estudo um valor quantitativo (escalar, ordinal, cardinal ou intervalar) ou qualitativo (nominal) (Barbosa; Cordeiro; Câmara, 1998).

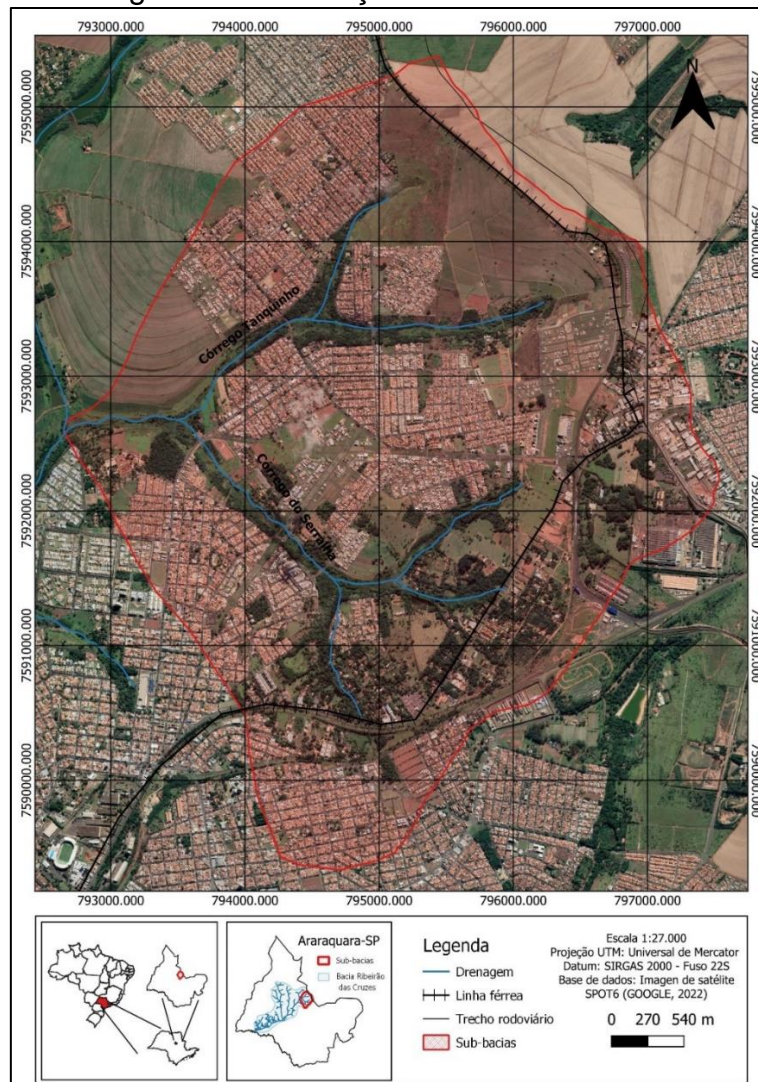
Esta pesquisa teve como objetivo realizar um Estudo Geoambiental com análise integrada de atributos das sub-bacias dos córregos Tanquinho e do Serralha no município de Araraquara-SP, visando definir estratégias de proteção e recuperação

dos recursos hídricos, por meio do cruzamento de diferentes cartas temáticas, elaboração de carta das Unidades Geoambientais e confrontação com usos e danos ambientais presentes. Justifica-se em consequência da expansão urbana em áreas periféricas sem uma devida preocupação com as características geoambientais e os corpos hídricos, gerando degradações ambientais e ameaçando a segurança hídrica na cidade.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido nas sub-bacias hidrográficas dos córregos Tanquinho e do Serralha, afluentes do rio Ribeirão das Cruzes no Município de Araraquara-SP, que apresentam área total de 17,04 km² (Figura 1). O município localiza-se região central do estado a 270 km da capital, estando limitado geograficamente nas coordenadas 21°47'38" S e 48°10'33" O, possui população de 242.228 habitantes (IBGE, 2022) e tem a economia baseada em agricultura, atividades industriais e comerciais.

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: ARARAQUARA (2018); IBGE (2019). Elaborado pela autora (2023).

Possui clima tropical de altitude, caracterizado por duas estações bem definidas: um verão com temperaturas altas e pluviosidade elevada e um inverno de temperaturas amenas e pluviosidade reduzida (Araraquara, 2020).

A vegetação natural que em 2020 recobria 13,3% da superfície do município, é constituída predominante de Floresta Estacional Semidecídua, Formações Arbóreas / Arbustivas em Regiões de Várzeas e Savana (cerrado) (IF, 2020).

O localiza-se na província geomorfológica do Planalto Ocidental, com relevos monótonos de colinas e morrotes (IPT, 1981) associados às rochas areníticas do Grupo Bauru, cujos materiais de alteração são aflorantes em parte da área estudada e nas partes elevadas estão recobertos por material coluvionar terciário.

Estas sub-bacias estudadas foram escolhidas por: abranger áreas urbanizadas, em urbanização e periurbanas; contribuir para a bacia do Ribeirão das Cruzes, responsável por 30% do abastecimento público de água do município (ARARAQUARA, 2014); ser área suscetível a processos geológicos (erosão, assoreamento e movimento de massa), processo fluvial (inundação) e processo pluvial (alagamento).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida seguindo sete etapas descritas a seguir: levantamento bibliográfico, levantamento de dados preexistentes trabalho de campo para coleta de amostras e caracterização dos córregos e usos da água, ensaios laboratoriais, montagem da base cartográfica, modelagem ambiental e análise das unidades geoambientais frente às questões dos recursos hídricos.

Para o levantamento bibliográfico contou-se com artigos, dissertações, teses e publicações técnicas disponíveis em bases de dados virtuais e bibliotecas eletrônicas, visando obter denso referencial teórico, metodológico e de dados sobre a área (mapas, cartas, imagens aéreas, estudos etc.).

Os trabalhos de campo ocorreram em 7 (sete) visitas entre janeiro de 2022 e janeiro de 2023. Nesta etapa realizou-se o reconhecimento em toda área das sub-bacias, já avaliadas em imagens e mapas, por meio de observações *in loco* e registros fotográficos. Realizou-se extração de amostras dos materiais inconsolidados, caracterização visual das condições dos corpos hídricos e das nascentes, identificação de possíveis interferências dos usos nos recursos hídricos, de locais com processos erosivos e assoreamento, da presença de resíduos, das obras e checagem do uso e cobertura do solo para validação de interpretação de imagens de satélite.

Os ensaios de identificação tátil visual nos materiais inconsolidados foram feitos em treze amostras indeformadas coletadas em locais ainda sem alteração dos materiais naturais; seguiram as etapas metodológicas desenvolvidas por Stancati *et al.* (1984), apresentando classificação quanto a frações granulométricas, textura, plasticidade e informações suplementares de cor, origem e presença de matéria orgânica.

Para a elaboração da cartografia (de base e temática) a ser utilizada para o estudo das características locais e para a geração da Carta de Unidades Geoambientais, foi realizada análise criteriosa dos materiais já levantados, separando-se os mais adequados em relação à escala, tipo de informação pertinente, dados de subsolo (sondagens e perfis de poços), imagens de satélite de boa que recobrem a área nas datas requeridas e cartas temáticas (Quadro 1).

Quadro 1. Variáveis utilizadas nas análises e fontes de informações

Variáveis		Descrição	Fontes para a base cartográfica	Escala
Declividade		Declividade do terreno em porcentagem	Carta topográfica do IGC (1978)	1:10.000
Geomorfologia		Forma do relevo	TERRAFOTO,1979	1:35.000
Hidrografia		Rede de drenagem e suas APPs	Prefeitura de Araraquara	1.60:000
Materiais inconsolidados		Tipo de material de acordo com a formação geológica	Pejon (1987) Meaulo (2007) Failache (2018)	1:20.000 1:25.000
Substrato geológico		Tipo da formação geológica	Pejon (1987) Meaulo (2007) Failache (2018)	1:20.000 1:25.000 1:50.000
Uso e cobertura do solo		Classes de usos	Imagem de satélite Quickbird de 2020	Resolução de 2,44m

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023

Todos os dados levantados foram digitalizados e transformados em *shapefile*, georreferenciados em coordenadas UTM, *datum* SIRGAS 2000 fuso 22 Sul em ambiente SIG no *software* QGIS 3.16.4.

Para a confecção do Mapa de Substrato Geológico, utilizou-se a integração de documentos cartográficos realizados por Pejon (1987), Meaulo (2007) e Failache (2018) (parte sul da área), com detalhamento através da carta topográfica na escala de 1:10.000 e do levantamento dos perfis geológicos de poços tubulares cadastrados no DAEE e no SIAGAS/CPRM.

O Mapa de Materiais Inconsolidados foi organizado a partir da compilação de: Mapa de Coberturas Inconsolidadas de Pejon (1987), Mapa Geológico de Meaulo (2007), Mapa de Materiais Inconsolidados de Failache (2018), dados de 42 poços levantados na área e descrição das amostras coletadas em campo. As integrações foram necessárias para unir a delimitação das coberturas cenozóicas de Meaulo (2007) ao mapa de Pejon (1987), que não havia delimitando-a, ao mapa mais atual de Failache (2018) que cobria apenas a parte sul da área representada. O ajuste de diferença de escalas entre os documentos cartográficos e a escala utilizada na pesquisa foi feito com uso de dados pontuais de amostragens prévias, atuais e poços.

A Carta de Classes de Declividade foi elaborada a partir da digitalização das curvas de nível da carta topográfica 1:10.000 (IGC, 1978). Fazendo o uso do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado, utilizou-se o módulo de declividade para gerar as classes em porcentagem. As classes adotadas (Quadro 2) foram as utilizadas por Santos *et al.* (2018).

Quadro 2. Classes de declividade.

Declividade em %	Descrição
0-3%	Declives pequenos
>3-8%	Declives suaves
>8-20%	Declives moderados
>20-45%	Declives fortes
>45%	Declives muito fortes

Fonte: Santos *et al.* (2018).

O Mapa Geomorfológico foi elaborado através do método de avaliação de terreno segundo proposta de Lollo (1995) que possibilita dividir a área de estudo em unidades homogêneas e destacar as feições do relevo observadas por intermédio da fotointerpretação de fotografias aéreas (TERRAFOTO, 1979) e do trabalho de campo, tendo como base a uniformidade das formas do terreno e considerando a escala de maior detalhe, foram mapeadas as unidades do terreno. Como resultado teve-se a avaliação das características do relevo presentes nestas unidades.

A Carta de Uso e Cobertura do Solo foi elaborada a partir da classificação manual da imagem de satélite Quickbird do Google Satélite no módulo Quickmap Services do software QGIS 3.16.4. com checagem em campo. Levando em consideração os usos típicos da área, foram definidas as seguintes classes (IBGE, 2013): pastagem, soja, cana de açúcar, área descoberta, hortícolas, mata ciliar, vegetação rasteira, área não parcelada dentro da área urbana, área em ocupação, área densamente ocupada, área industrial, área residencial mista, área de chácaras e área não edificada.

Com o intuito de identificar e caracterizar a rede hidrográfica atualizada das sub-bacias foi elaborado o Mapa Base de Hidrografia a partir de *shapefile* da prefeitura de Araraquara; para localizar usos da água e interferências nos corpos hídricos foi elaborada a Carta de Usos da Água a partir dos dados do CPRM e DAEE de poços, lançamentos superficiais e travessias, e do trabalho de campo para checagem.

A Carta de Ocorrências de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade apresenta a identificação de áreas suscetíveis e áreas afetadas por eventos hidrológicos como alagamentos, enchentes, e inundações, e eventos geológicos como processos erosivos, assoreamento e movimentos gravitacionais de massa. Utilizou-se como fontes os registros históricos de notícias de jornais, o Mapeamento de áreas de riscos associados a inundação (IG-CEDEC, 2008), a Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação (CPRM, 2021), o Mapa de Zoneamento Ambiental do PDPUA - Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana Ambiental de Araraquara (ARARAQUARA, 2014), o levantamento das erosões junto à Secretaria do Meio Ambiente do município e ao DAAE (Departamento de Autônomo de Água e Esgoto) e trabalho de campo. A carta de suscetibilidade (CPRM, 2021) foi utilizada como base sobre a qual foram plotados os locais de ocorrência de processos cadastrados identificados em visita a campo e avaliados quanto a serem ativos ou inativos após correções, mas passíveis de uma reativação.

A Carta Geoambiental foi gerada a partir da modelagem em SIG pela operação de interseção espacial por sobreposição, onde todas as feições que se sobrepõem em todas as camadas fazem parte da classe de feições de saída. A sobreposição dos documentos cartográficos temáticos, gerando unidades geoambientais homogêneas fundamentou-se nos fatores intervenientes nos processos de infiltração de água e escoamento superficial. Inicialmente ocorreu a definição das variáveis que integrariam a análise e a geração de cartas base para a área. A seleção das variáveis baseou-se em pesquisa bibliográfica e avaliação dos aspectos do meio físico e antrópico dos locais que mais se relacionam com a proteção ou interferência nos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais. Para a elaboração da Carta Geoambiental foram selecionadas 4 (quatro) variáveis (substrato geológico, materiais inconsolidados, geomorfologia e cursos hídricos acrescidos de área de preservação permanente).

O cruzamento de cartas para a geração da Carta Geoambiental foi feito através da operação de interseção dos vetores (Vetor > Geoprocessamento > Interseção) no software QGIS.3.16.4, gerando áreas homogêneas quanto aos atributos das variáveis geoambientais. Por fim, agrupou-se as áreas delimitadas com características das

variáveis geoambientais iguais em 13 unidades homogêneas, por meio da organização das colunas da tabela de atributos, atribuindo a cada linha os valores de 1 a 13, gerando a carta final.

Para integrar a análise das Unidades Geoambientais foram consideradas 6 (seis) variáveis (declividade, cursos hídricos com a área de preservação permanente, geomorfologia, materiais inconsolidados, substrato geológico e uso e cobertura do solo). Os usos e cobertura do solo foram agrupados em 5 conjuntos, de menor possibilidade de influência nos recursos hídricos à maior possibilidade de influência, considerando-se os parâmetros de infiltração, escoamento superficial e proteção dos cursos hídricos, também usados para a hierarquização das demais variáveis (Quadro 3).

Quadro 3. Influência nos recursos hídricos das variáveis presentes na área de estudo quanto à infiltração e ao escoamento superficial.

Variáveis	> infiltração < escoamento superficial			< infiltração > escoamento superficial	
	Geomorfologia Forma do Relevo (Ross,1994)	Unidade 2: Colinas de topos aplainados e vertentes convexas	Unidade 1: Colinas amplas com vertentes convexas	Unidade 4: Colinas médias com vertentes convexas	Unidade 3: Colina com vertentes retilíneo-convexas
Canais de drenagem e APP	Ausente				Presente
Declividade em % (Santos <i>et al.</i> , 2018)	0-3%	3-8%	8-20%	20%-45%	-
Uso e cobertura do solo Classe de uso (Ross, 1994)	Mata ciliar, vegetação rasteira, reflorestamento	Soja, cana de açúcar, hortaliças, chácaras	Pastagem, descoberta, não edificada	Industrial, em ocupação, residencial mista	Densamente ocupada
Materiais inconsolidados (origem, textura, suscetibil. à erosão) (Pejon e Zuquette, 1993)		-	-	Residual Formação Adamantina (textura areno-argilosa fina a muito fina)	Retrabalhado cenozoico (textura areno-siltosa, fina na média)
Substrato geológico (potencial de infiltração e recarga de aquífero subsuperficial) (Pejon e Zuquette, 1993)			Formação Adamantina (arenitos imaturos com diferentes graus de cimentação, com silte e argila)		

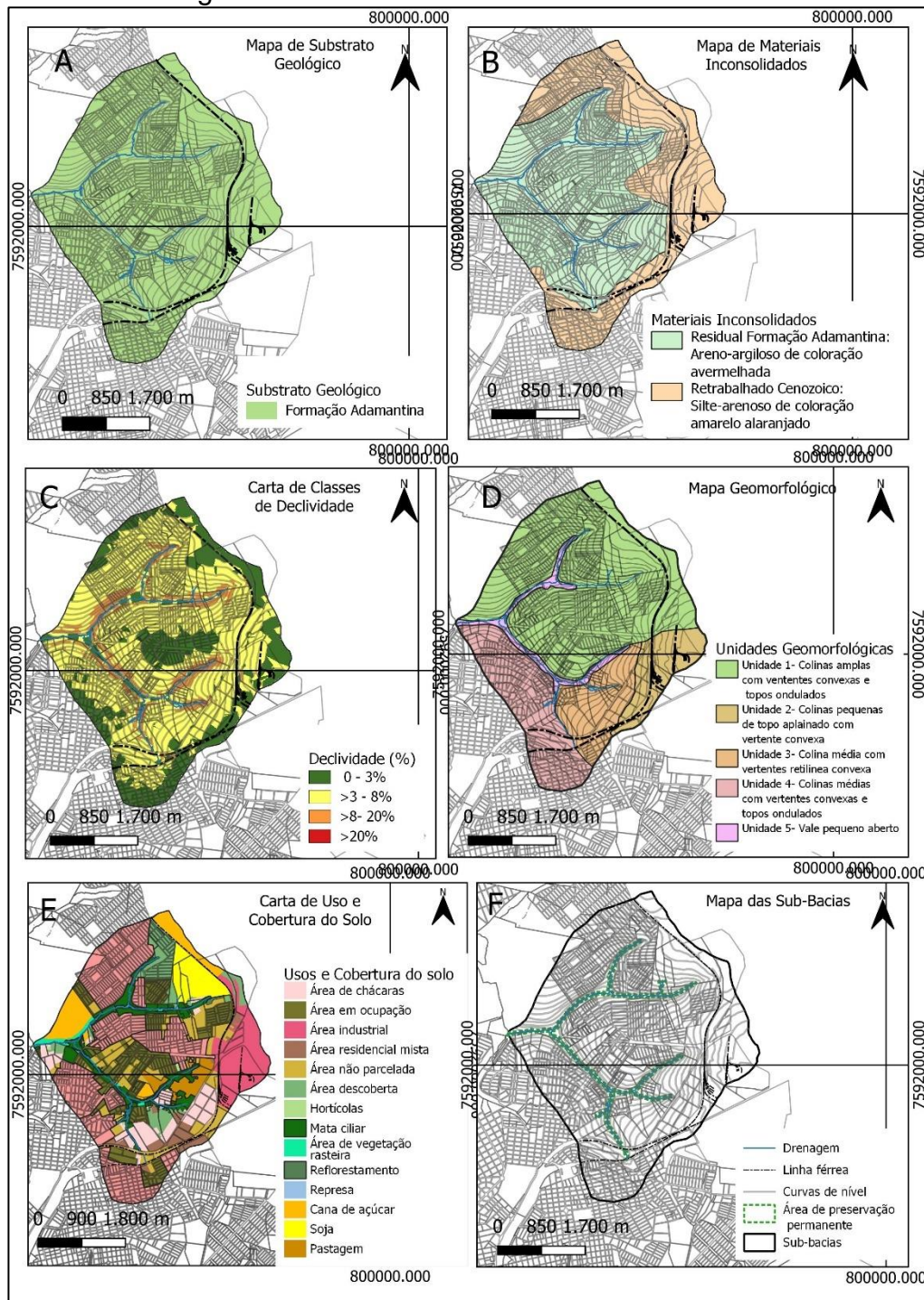
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023

A Carta Geoambiental ainda foi confrontada com a Carta de Usos da Água e a Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade, gerando avaliação final e predição de ações necessárias.

RESULTADOS

Os cartogramas temáticos produzidos para a área estudada estão apresentados na Figura 2.

Figura 2. Cartas temáticas da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023

As sub-bacias dos córregos Tanquinho e do Serralha possuem substrato rochoso (Figura 2A) da Formação Adamantina do Grupo Bauru, bacia sedimentar do Paraná (Pejon, 1987; Meaulo, 2007; Failache, 2018) seguindo a denominação

estratigráfica de Menegazzo et al. (2016) e Batezelli e Ladeira (2016). Mesmo sendo a formação litológica de superfície, não ocorrem afloramentos rochosos e há apenas materiais de alteração na forma de solos residuais. Na região de Araraquara são descritos como arenitos finos rosados a creme, com diversos graus de cimentação carbonática (Failache, 2018). Na área pesquisada, segundo os dados de poços, ocorrem arenitos finos a areno-argilosos, com espessura em torno de 40 m, não ultrapassando 80 m, sotopostos aos basaltos da Formação Serra Geral.

Os materiais inconsolidados encontrados na área (Figura 2B) correspondem aos Residuais da Formação Adamantina e aos Retrabalhados Cenozoicos.

Os Residuais da Formação Adamantina recobrem toda parte central das sub-bacias, em uma área de 9,99 km² o que representa 58,66% da área mapeada, predominantemente nas médias e baixas vertentes e fundo de vale dos Córregos Tanquinho e do Serralha, em altitudes que variam entre 640 e 700m. Amostras ensaiadas puderam defini-los como materiais de textura areno-argilosa fina a muito fina, compostos predominantemente por quartzo, argilominerais e magnetita, coloração avermelhada e espessura desde poucos metros até cerca de 10 m (segundo os perfis de poços analisados).

Os Retrabalhados Cenozoicos abrangem uma área de 7,07 km² (41,51% da superfície da bacia), recobrimo parcialmente a formação Adamantina nas porções mais elevadas, entre 700 e 750 m nos topos planos das sub-bacias. Com espessura média em torno de 12 m segundo os perfis de poços analisados, apresentam principalmente textura de areia fina e média com pouco silte, coloração variando de amarelo a alaranjado e são compostos por quartzo e presença razoável de magnetita.

Foi possível notar que a declividade da área estudada (Figura 2C) apresenta predominância da classe entre 3 a 8% (declives suaves). Nas regiões de topos das colinas e fundo de vale apresenta o domínio de classe entre 0 a 3% (declives pequenos). As áreas de vertentes apresentam declividade de 8 a 20% (declives moderados). A declividade superior a 20% (declives fortes) ocorre em alguns pontos nas áreas de encostas.

O Mapa Geomorfológico elaborado (Figura 2D) permitiu o detalhamento das cinco unidades de terreno (denominadas 1, 2, 3, 4 e 5) descritas no Quadro 4.

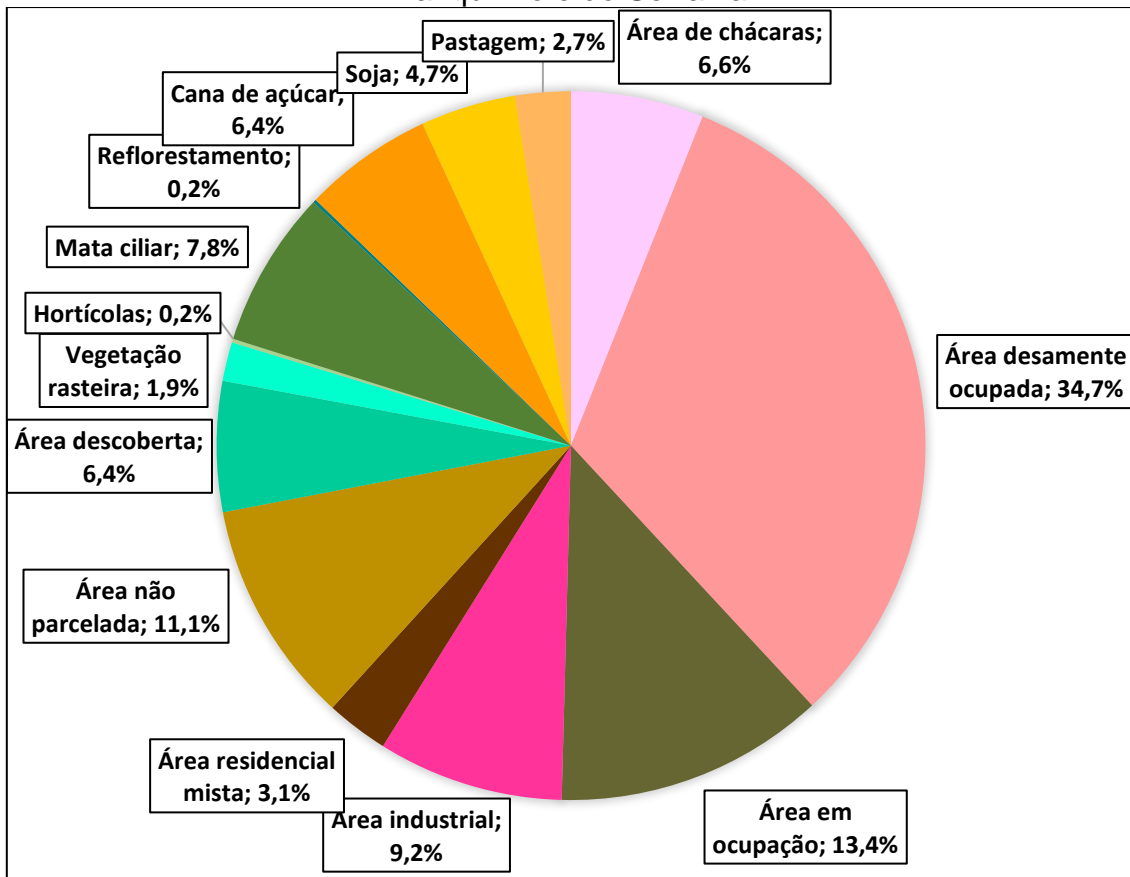
Quadro 4. Principais características das unidades geomorfológicas mapeadas.

Unidades	1	2	3	4	5
Unidades geomorfológicas	Colina	Colina	Colina	Colina	Vale
Expressão geográfica	Ampla a média	Pequena	Média a pequena	Média	Pequeno
Forma da vertente	Convexa	Convexa	Retilíneo-convexa	Convexa	
Forma do Vale	-	-	-	-	Aberto
Expressão geográfica (Topos)	Ondulados a aplainados	Aplainados	-	Ondulados	-
Declividades das vertentes (Colina)	3-20%	3-8%	3-20%	3-20%	-
Declividade (Vale)	-	-	-	-	0-20%
Declividade do Topo	0-3%	0-3%	-	0-3%	-
Amplitude (m)	131	90	80	100	-
Área (km ²)	9,65	1,53	2,00	3,15	0,73

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023

Na carta de Usos e Cobertura do Solo (Figura 2E) foram delimitadas: área densamente ocupada, área em ocupação, área não edificada inserida na área urbana, área industrial, área residencial mista, área descoberta, áreas de chácaras, vegetação rasteira, matas ciliares, reflorestamento, hortaliças, soja, pastagem e cana-de-açúcar. Predominam as áreas densamente ocupadas e em ocupação e não edificadas na área urbana (Figura 3), indicando um processo de ocupação intenso, mas com locais possíveis de recuperação ou ainda ocupação de forma sustentável aos recursos hídricos.

Figura 3. Gráfico dos Usos e Coberturas do Solo das sub-bacias dos córregos Tanquinho e do Serralha



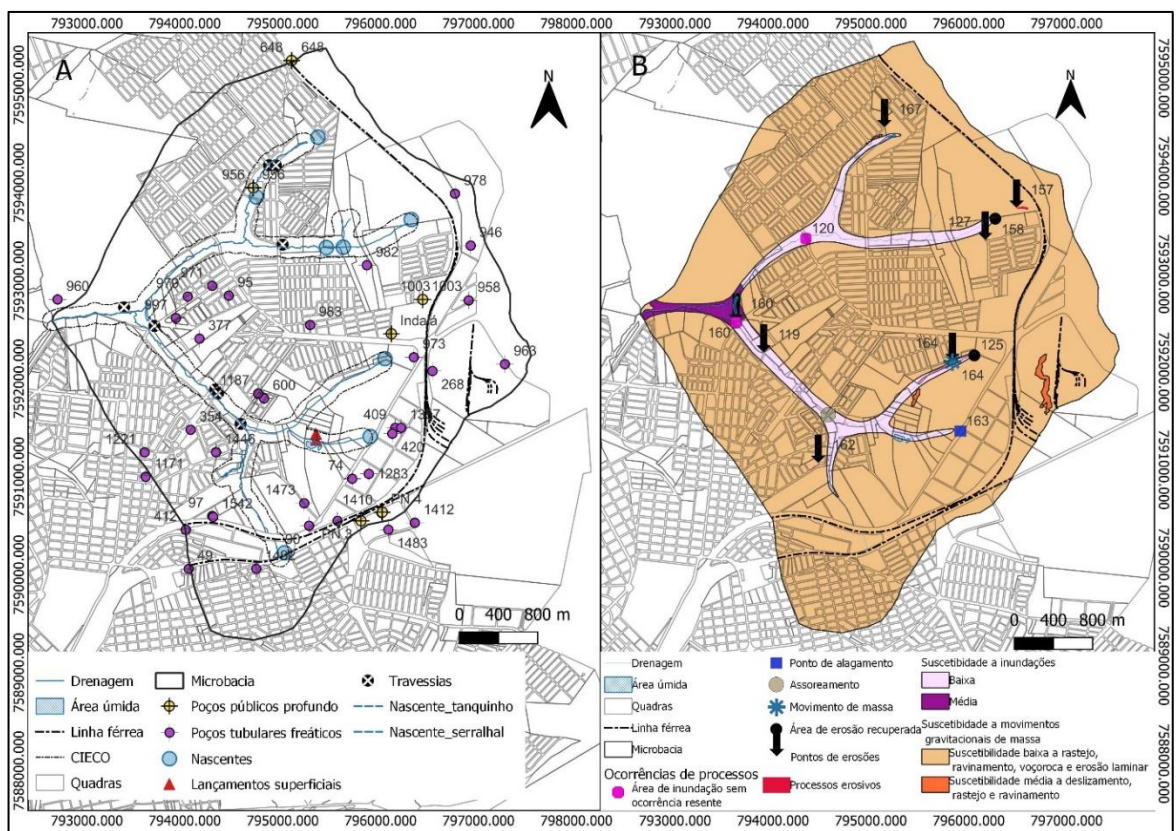
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

A rede hidrográfica das sub-bacias (Figura 2F) apresenta como cursos principais os córregos Tanquinho, formado pela junção de 4 nascentes e do Serralha, formado pela junção de 3 nascentes. Há trechos dos cursos d'água que ainda apresentam áreas de várzea preservadas e mata ciliar bem adensada, mantendo o papel de proteção das margens e córregos. Entretanto, ao averiguar as áreas de nascente, encontramos estas sem cobertura vegetal, com muito entulho e pontos com formação de erosão, além de constatar a mudança do local da nascente para jusante, em área descoberta no Córrego Tanquinho, indicando uma diminuição da disponibilidade hídrica devido à ação antrópica. Nos locais de ocupação mais antiga, em especial na parte sul da área, as APPs foram ocupadas por infraestrutura urbana e já não há possibilidades de melhoria ambiental nestes trechos.

Os diferentes usos e intervenções nos recursos hídricos relacionados ao abastecimento, à infraestrutura urbana e ao saneamento nas sub-bacias dos Córregos Tanquinho e do Serralha foram espacializados na Carta de Usos da Água (Figura 4A).

O uso abastecimento refere-se à captação em poços tubulares. São seis poços profundos (até 450m) de abastecimento público que bombeiam águas subterrâneas do Aquífero Guarani (Formações Botucatu e Pirambóia), cujas áreas de perímetro imediato não interferem nas captações, pois são de aquífero confinado. E são vinte e sete poços de aquífero Bauru freático (Formação Adamantina) de abastecimento industrial, rural e de lazer, com até 120m de profundidade; as áreas de proteção imediata estão suscetíveis a interferências da impermeabilização da superfície ou problemas de contaminação afetando a qualidade da água. Estes poços do aquífero freático precisam de um maior monitoramento e cuidados nas áreas ainda não urbanizadas para sua proteção.

Figura 2. A - Carta Usos da Água e B - Carta Ocorrências de Processos do Físico Meio e Áreas Suscetíveis



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023

Os locais de ocorrência de processos (erosão, assoreamento, alagamentos, inundações) cadastrados foram sobrepostos às áreas de suscetibilidade a movimentos de massa média (deslizamento, rastejo e processos de erosão) a baixa (rastejo e processos de erosão) e áreas de suscetibilidade à inundação média (processos de inundação, solapamento de margem e assoreamento) a baixa (processos de inundação e assoreamento) (CPRM, 2021), gerando a Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade (Figura 4B). Dos 3 locais sujeitos a inundação e alagamento, um continua sofrendo com estes

processos e os outros dois estão sem ocorrência recente, mas foram mantidos pois as suas características são propícias à inundação e precisam ser monitorados.

Quanto aos processos erosivos, há sete ocorrências de erosões ativas e aceleradas, sendo cinco não detectadas nos mapeamentos anteriores, indicando aumento de erosões próximas a cursos hídricos, potencializadas pela expansão da ocupação urbana. Ressalta-se a inexistência de sistema de captação de água pluvial adequado na sub-bacia do Córrego do Serralha, sendo de extrema importância a correção e o disciplinamento do escoamento das águas da chuva.

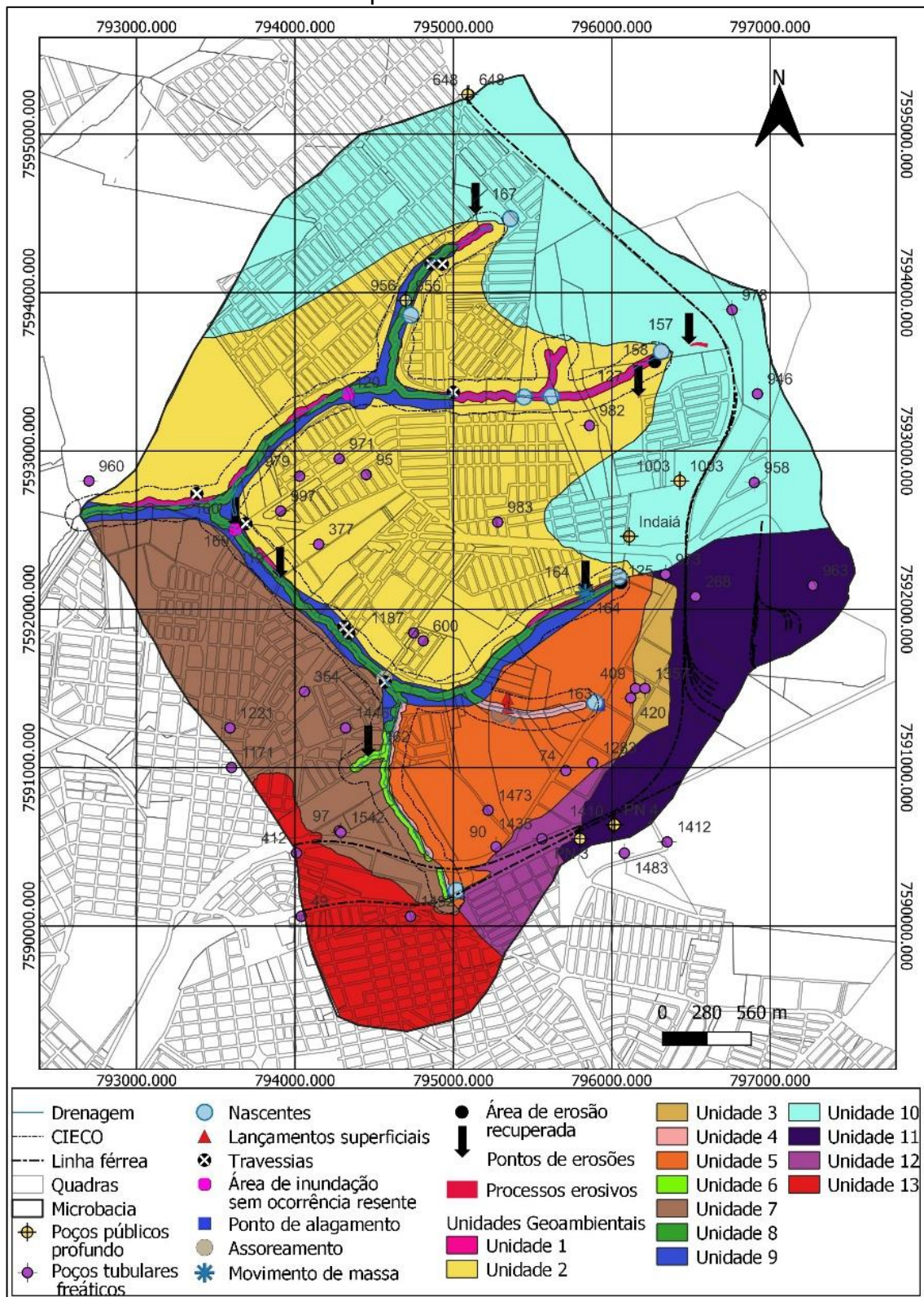
O resultado da Carta Geoambiental e suas 13 unidades, confrontada com a Carta de Usos da Água e com a Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade, é apresentado no Quadro 5 e na Figura 5.

Quadro 5. Caracterização das Unidades Geoambientais frente às questões dos recursos hídricos e ambientais.

Unidade Geoambiental	Caracterização das degradações frente às questões dos recursos hídricos e ambientais
1	Córrego Tanquinho: nascentes em mata ciliar, área de erosão recuperada e travessia.
2	Córrego Tanquinho: poços tubulares profundo em área densamente ocupada, processo erosivo e travessia. Córrego do Serralha: poços tubulares freáticos, ocorrência de movimento de massa e processo erosivo.
3	Córrego do Serralha: poços tubulares freáticos.
4	Córrego do Serralha: lançamento superficial.
5	Córrego do Serralha: nascentes, área de processo erosivo recuperado, pontos de alagamento e poços tubulares freáticos.
6	Córrego do Serralha: processo erosivo.
7	Córrego do Serralha: poços tubulares freáticos.
8	Córrego Tanquinho: poços tubulares profundos e área de inundação sem ocorrência. Córrego do Serralha: processos erosivos, assoreamento e área de inundação sem ocorrência.
9	Córrego do Serralha: travessias.
10	Córrego Tanquinho: processos erosivos e poços tubulares freáticos e profundos.
11	Córrego do Serralha: poços tubulares freáticos e profundos.
12	Córrego do Serralha: poço tubular freático.
13	Córrego do Serralha: poço tubular freático.

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023

Figura 5. Carta de Unidades Geoambientais frente às intervenções nos recursos hídricos e questões ambientais



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023

A seguir é apresentada a sua descrição com a avaliação das degradações ambientais existentes, frente aos usos e influências nos recursos hídricos, auxiliando

na análise de ações necessárias para manutenção de corpos hídricos das sub-bacias e contribuindo para a realização do objetivo proposto.

A unidade geoambiental 1 caracteriza-se por ser área de escoamento hídrico superficial nos taludes, exfiltração de subsuperfície e acúmulo de água nas drenagens. Os atributos de maior relevância são as declividades maiores nas cabeceiras, o uso e cobertura do solo e o solo areno-argiloso. Há três nascentes localizadas em afluentes distintos, sendo duas em área com mata ciliar em bom estado de conservação. A terceira nascente encontra-se em grande área com plantio de soja, associada ao relevo forte a ondulado e ao solo areno-argiloso, favorecendo o escoamento superficial e a redução da disponibilidade hídrica, que ocasionou a mudança da nascente para jusante. No seu entorno também há registro de uma erosão recuperada e cercada por mata ciliar e reflorestamento, indicando ser local frágil. Sendo assim, recomenda-se uma maior proteção desta unidade e a recomposição de vegetação ciliar onde não está presente, em especial nas cabeceiras.

A unidade geoambiental 2 localiza-se nas vertentes do córrego Tanquinho e entre este e o Córrego do Serralha, denotando um maior favorecimento à formação do aumento do escoamento hídrico superficial e prejuízo à infiltração nas camadas subterrâneas por usos que impermeabilizam o solo. Os atributos relevantes são as maiores declividades, as classes do uso e cobertura do solo com maior impermeabilização e o material inconsolidado residual.

No trecho do córrego Tanquinho há nascente com mata ciliar em bom estado de preservação. Mas há problemas como, duas travessias (pontes) que contribuem para diminuição da vazão do córrego e a formação de assoreamento; processo erosivo associado à classe do uso do solo área descoberta e à inexistência de um sistema de drenagem pluvial contribuindo para a sua formação. Entre o Córrego Tanquinho e o Córrego do Serralha há nove poços tubulares freáticos que poderão ter diminuição de disponibilidade hídrica e rebaixamento do nível de água com a maior ocupação de áreas não parceladas ou em início de ocupação. No trecho do Córrego do Serralha há nascente sem vegetação em seu entorno e há movimento de massa associado ao processo erosivo marginal no córrego onde a mata ciliar está degradada e o entorno tem pastagem, provocando o aumento do escoamento das águas vindas de áreas mais elevadas. A deficiência de infiltração acarreta impactos no regime hídrico e o surgimento de ocorrências erosivas nas.

A unidade geoambiental 3 ocupa pequena área na cabeceira do Córrego do Serralha e se sobressai pela maior favorabilidade para a infiltração de água para as camadas subterrâneas. Os atributos favoráveis são uso e cobertura do solo pouco impermeabilizado, o material inconsolidado e a declividade pouco acentuada, que possibilitam proteção aos poços nela existentes.

A unidade geoambiental 4 concentra-se nos fundos de vale de afluentes do Córrego do Serralha onde há uma maior favorabilidade para proteção do curso hídrico e a exfiltração de subsuperfície. Os atributos influentes são as maiores declividades, o solo areno-argiloso e cobertura do solo com predomínio de mata ciliar. Pela pequena dimensão e entorno com uso urbano intenso, estão sob pressão.

A unidade geoambiental 5 caracteriza-se por não apresentar cursos hídricos e APP. Está em processo de ocupação, com chácaras, áreas descobertas, área densamente ocupada, mas ainda apresenta favorabilidade para a infiltração da água e armazenamento subterrâneo em alguns trechos que devem ser melhor protegidos, em especial os próximos aos cursos hídricos na unidade 4 e suas nascentes desprotegidas de vegetação. Há também uma erosão recuperada e um ponto de

alagamento próximo da nascente, relacionadas ao aumento do escoamento superficial e inexistência de rede pluvial eficiente nas unidades geoambientais 3 e 11. Esta conjuntura demonstra o quanto as áreas de cabeceiras estão vulneráveis a processos de degradação e o quanto a proteção desses locais é negligenciada. Há diversos poços freáticos que necessitam de proteção.

A unidade geoambiental 6 ocupa alguns fundos de vale do Córrego do Serralha com vegetação ciliar preservada ou vegetação rasteira e trechos de interferência da ocupação. Identificou-se ocorrência de um processo erosivo associado a áreas próximas densamente ocupadas e sem um sistema eficiente de água pluvial, provocando o aumento do fluxo de escoamento superficial contribuindo para a formação de ravinas e voçoroca.

A unidade geoambiental 7 encontra-se na vertente do Córrego do Serralha e destaca-se pela maior favorabilidade para aumento do escoamento hídrico superficial pela impermeabilização da área densamente ocupada e pelas variações da declividade. Nessa encosta do Córrego do Serralha foram registrados seis poços tubulares freáticos espalhados pela área densamente ocupada que não permite a infiltração de água para a recarga da água subterrânea. Como consequência dessa exploração, pode ocorrer a depleção dos aquíferos por excesso de extração em local impermeabilizado e de elevada concentração de poços, excedendo a capacidade de recarga natural, conduzindo à queda contínua dos níveis de água subterrânea e a redução da reserva hídrica.

A unidade geoambiental 8 ocupa grande parte dos fundos de vale dos médios cursos dos córregos Tanquinho e do Serralha, destacando-se por ser área de maior favorecimento para o acúmulo de água nas drenagens em área com mata ciliar ou vegetação rasteira. A presença do material inconsolidado areno-argiloso e os usos e coberturas do solo contribuem para esta relevância. Também foi registrada uma área de inundação sem ocorrência recente, em razão da manutenção dos sistemas de drenagem superficial realiza, mas o local merece atenção. No fundo de vale do Córrego do Serralha foram identificados pontos de assoreamento relacionados a processos erosivos e travessias de pontes. Neste trecho também há depósito de lixo clandestino próximo à margem, correlacionado à ocupação do entorno, sendo uma grande ameaça à vida aquática, além de fonte de contaminação da água.

A unidade geoambiental 9 ocupa as médias encostas ao redor da unidade 8 e apresenta maior favorabilidade ao escoamento superficial. Embora a declividade seja maior, os usos e coberturas por mata ciliar ou vegetação rasteira favorecem a proteção e melhoram a infiltração da água no solo. A ocupação do entorno é composta por área densamente ocupada e área descoberta.

A unidade geoambiental 10 ocupa as partes mais elevadas da bacia nas cabeceiras do Córrego Tanquinho e evidencia uma maior favorabilidade para a infiltração da água e armazenamento subterrâneo, que pode ser alterado por usos que geram impermeabilização e maior escoamento hídrico superficial, quando são gerados processos erosivos como os ocorrentes no topo das colinas do Córrego. Uma delas está em área de plantação de soja que não protege contra o escoamento hídrico superficial e a segunda está em área não vegetada. Foram registrados três poços tubulares freáticos em local com favorecimento da infiltração da água subterrânea pela presença de usos do solo pouco impermeabilizados que devem ser mantidos.

A Unidade Geoambiental 11 ocupa as partes mais elevadas da bacia do Córrego do Serralha e embora suas características favoreçam a infiltração e manutenção dos aquíferos freáticos, os usos do solo predominantes favorecem a formação do escoamento hídrico superficial com pouca infiltração. Há três poços

tubulares freáticos, mas se houver o aumento da impermeabilização na área industrial pode haver diminuição da infiltração de água para a recarga subterrânea e favorecendo o escoamento superficial.

A Unidade Geoambiental 12 ocupa trechos de cabeceira do Córrego do Serralha com menor elevação e aponta para uma maior favorabilidade na formação do aumento do escoamento hídrico superficial na área pelas características do relevo e por ser área de maior ocupação urbana. Merece atenção a implantação de sistema de drenagem eficiente.

Unidade Geoambiental 13 está no limite sul da bacia, nos topos dos interflúvios do Córrego do Serralha e, apesar de características naturais favoráveis à infiltração, apresenta favorabilidade para escoamento hídrico superficial por ser área urbana densamente ocupada. Assim com a unidade 12, a impermeabilização pelo uso impossibilita o processo de infiltração da água no solo, contribuindo para a formação do escoamento superficial quando há a inexistência de um sistema drenagem eficiente.

CONCLUSÃO

O resultado do Estudo Geoambiental das Sub-bacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha pautou-se nos dados elencados neste trabalho que, por meio do objetivo proposto, visou sintetizar a análise dos dados levantados, bem como as características físicas e socioambientais da área de estudo, avaliando as degradações ambientais em diferentes unidades.

O estudo possibilitou um detalhamento dos mapeamentos existentes, produzindo-se mapas e cartas na escala 1:20.000 do substrato geológico, materiais inconsolidados, geomorfologia, declividade, hipsometria e uso e cobertura do solo, considerados adequados para identificar a dinâmica geoambiental da área em face dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e os mecanismos que proporcionam degradações nestes recursos hídricos.

A realização da Carta de Unidades Geoambientais teve como intuito as contribuições técnicas para direcionar as tomadas de decisões na execução do desenvolvimento urbano compatível com o desenvolvimento sustentável e a proteção dos recursos hídricos. Os resultados obtidos a partir da compartimentação das sub-bacias em unidades geoambientais consistiram na caracterização das influências dos fatores geoambientais nos recursos hídricos, a fim de relacioná-los às degradações presentes e permitindo identificar as principais diretrizes para gestão dos recursos hídricos comprometida com a proteção das águas superficiais e subterrâneas.

A aplicação da operação de interseção espacial para a realização da Carta das Unidades Geoambientais, mostrou-se eficiente permitindo analisar e correlacionar de forma integrada atributos geoambientais. Estabeleceu-se 13 (treze) Unidades Geoambientais que apresentam um comportamento homogêneo quanto às características das formas de relevo, substrato geológico, materiais inconsolidados e presença ou ausência de cursos hídricos. E a agregação à carta da declividade, dos usos e coberturas do solo e suas influências nos recursos hídricos possibilitou uma análise da preponderância de fatores ambientais ou antrópicos nas fragilidades e potencialidades observadas.

O comportamento das interações das características presentes nas unidades geoambientais permite diferentes influências nos recursos hídricos das sub-bacias dos Córregos Tanquinho e do Serralha, contribuindo para o acúmulo de água na drenagem e a exfiltração de subsuperfície, e nos casos de maior ou menor declividade

do solo e maior ou menor impermeabilização do solo, formando o escoamento hídrico superficial ou a infiltração da água nas camadas.

Há registros de degradações relacionadas às influências dos atributos geoambientais nos recursos hídricos, apresentando pontos específicos de processos erosivos, de alagamento, de assoreamento e inundação. Essas degradações manifestam interferências na captação que encontra a jusante do trecho estudado, apresentando aporte de sedimentos nos córregos devido à erosão, sendo responsável por 30% do abastecimento público do município, comprometendo a qualidade da água.

Assim, as principais diretrizes para gestão dos recursos hídricos para uma possível proteção dos mananciais devem ser pautadas em práticas de manejo que não aumentem a impermeabilização, aumentem as taxas de infiltração e reduzam o escoamento superficial não disciplinado, assim como promovam a recuperação da vegetação em faixas de APP e entorno.

Para que o escoamento não gere muitos danos como a formação de processos erosivos, assoreamento dos canais de drenagem, inundações e alagamentos, é necessário implementar sistemas de drenagem preparados para receber grande proporção de água, além da criação de infraestruturas verdes, que ajudam a filtrar grande parte da água colaborando com valorização da paisagem local.

Conjuntamente deve-se adotar práticas de recuperação do solo que promovam a recarga do aquífero e a proteção das nascentes, em especial nas Unidades 2, 4, 6, 7, 8 e 10, associadas a classes de usos mais degradantes e/ou características do meio físico, em especial o relevo, que podem propiciar maiores degradações nos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ARARAQUARA. Prefeitura Municipal de Araraquara. **Lei complementar nº 850 de 11 de fevereiro de 2014**- Estabelece a Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara. Disponível em: <https://www.legislacaodigital.com.br/AraraquaraSP/LeisComplementares/850#art211>. Acesso em: 06 março 2022.

ARARAQUARA. Prefeitura Municipal de Araraquara. **Lei complementar N° 919, de 6 de novembro de 2019**. Altera a Lei Complementar nº 850, de 11 de fevereiro de 2014, alterando disposições atinentes ao zoneamento e ao perímetro urbano, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.legislacaodigital.com.br/Araraquara-SP/LeisComplementares/919-2019> Acesso em: 06 março 2022.

ARARAQUARA. Prefeitura Municipal de Araraquara. 2022. Disponível em <<http://www.araraquara.sp.gov.br/nossamorada/conteudo-nossamorada/numeros-e-dados>>. Acesso em: 03 de maio de 2022.

BACHURINA, S. S.; BELYAEV, V. L.; KARFIDOVA, A. Geocological Aspects of the Development of a Regional Model of Spatial Planning: Case Study of Moscow. **WaterResources**, v. 44, n. 7, 2017.

BARABOSA, C.C.; CAMARA, G.; MEDEIROS, J.S.; CREPANI, E.; NOVO, E.; CORDEIRO, J.P.C. Operadores zonais em Álgebra de mapas e sua aplicação a zoneamento ecológico-econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

SENSORIAMENTO REMOTO, 9. (SBSR)., 1998, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. p. 1315-1326. CD-ROM. ISBN 85-17-00015-3. (INPE-6909-PRE/2875). Disponível em: <<http://urlib.net/ibi/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.08.49>>. Acesso em: 9 março 2022.

BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Stratigraphic framework and evolution of the Cretaceous continental sequences of the Bauru, Sanfranciscana, and Parecis basins, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 65, p 1-24, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.11.005>Acesso em: 26 dez 2022.

CLIMATE-DATA. Disponível em:<<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/araraquara-4229/>>. Acesso em: 03 mai.2022.

CORDEIRO, J.P.; BARBOSA, C.C.F.; CÂMARA, G. Álgebra de campos e objetos. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **In introdução à Ciência da Geoinformação**,2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso: 09 marços 2022.

COSTA, C. W. **Mapeamentos geoambientais, em escala 1:50.000, aplicados em análises de planejamento territorial de manancial periurbano: bacia do Ribeirão do Feijão**, São Carlos, SP.166 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

CRPM. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação**. São Paulo: CPRM, 2021. 1 mapa, color. Escala 1:80.000.

FAILACHE, M. F. **Proposta de procedimento para a estimativa da infiltração potencial e do escoamento superficial Hortoniano potencial baseada em dados geológicos, geotécnicos, de uso e ocupação e eventos de chuva**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação e Área de Concentração em Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

GUERREIRO, J. V. R.; LORANDI, R. Cartografia geoambiental como base para planejamento territorial na bacia do Rio Clarinho, SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 2, p. 313-326, 2016.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. p. 171.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IG – INSTITUTO GEOLÓGICO; CEDEC – Defesa Civil. **Mapeamento de áreas de riscos associados a inundação: relatório técnico município de Araraquara**. São Paulo, 2008.

IGC – INSTITUTO GEOGRAFICO E CARTOGRÁFICO. **Carta Topográfica**. Escala 1:10.000. São Paulo, 1978.

INÊZ, E. B.; LORANDI, R. Análise da Aptidão à Ocupação Urbana da Microbacia do Córrego do Rosário (Descalvado, São Paulo, Brasil). **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, n. 2, p. 05-13, 2018. http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_05_13

IF - INSTITUTO FLORESTAL. **Quantificação da Vegetação Natural Remanescente para os Municípios do Estado de São Paulo: legenda IBGE – RADAM – 2009.** Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 2009. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/sifesp/2016/12/municipio_maior_porc.pdf . Acesso em: 04 maio 2022.

IF – INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal do Estado de São Paulo: Mapeamento da cobertura vegetal nativa.** São Paulo, 2020. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/07/inventarioflorestal2020.pdf>. Acesso em: 17 maio 2023.

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Monografias** (5), 1981.

LOLLO, J. A. **O Uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração de mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação para a Quadrícula de Campinas (SP).** Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1995.

MEAULO, F. J. **Vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP).** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

MEAULO, F. J. **Caracterização geológica, hidrogeológica e mapeamento da vulnerabilidade natural à população dos Aquíferos, na escala 1:25.000, das áreas urbana e de expansão do município de Araraquara-SP.** Tese (Doutorado) – Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2007.

MENEGAZZO, M. C.; CATUNEANU, O.; CHANG, H. K. The South American retroarc foreland system: The development of the Bauru Basin in the back-bulge province. **Marine and Petroleum Geology**, v. 73, p. 131-156, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.02.027>

MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Compartimentação geomorfológica do município de São Pedro do Sul/RS. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 40, p. 268-279, maio, 2013. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/37120> Acesso em: 29 set 2022.

PEJON, O. J. **Estudos geológico-geotécnicos da região urbana de Araraquara-SP.** Dissertação de Mestrado – EESC/USP, São Carlos, 1987. 2 v.

ROBAINA, L.; TRENTIN, R. Estudos e zoneamento geoambiental do município de São Francisco de Assis – Oeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Geografia e**

Ordenamento do Território (GOT) Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, n. 16, p. 323-344, março, 2019. <https://dx.doi.org/10.17127/got/2019.16.014>

ROSS, J. L. S. Análise e Sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, v.9, p. 65-75, 1995. <https://doi.org/10.7154/RDG.1995.0009.0006>

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia ambiente e planejamento**. 9. ed., 4ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5ª ed., rev. e ampl., Brasília, DF: Embrapa, 2018.

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

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista de Geociência**, v.10, p 177-185, 1980.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G.; PRADO FILHO, J. F. Cartografia e diagnóstico geoambiental aplicados ao ordenamento territorial do município de Mariana-MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, n.3, 2009. <https://doi.org/10.14393/rbcv57n3-43535>

STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B.; VILAR, O. M. **Ensaios de Laboratório em Mecânica dos Solos**, EESC, São Carlos, 1984.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004.