



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



O papel do meio físico e relevo na ocupação humana: potencialidades, vulnerabilidades e impactos ambientais (enchentes, erosão e assoreamento) na trajetória histórica da região de Araraquara (SP)

Pedro Michelutti Cheliz¹, Juliana Alves Rodrigues², Francisco Sergio Bernardes Ladeira¹

¹ Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (pedro.michelutti@gmail.com), Campinas (SP), Brasil

² Fundação Araporã, Araraquara (SP), Brasil

Artigo recebido em 08/11/2021 e aceito em 22/08/2022

RESUMO

Buscando contribuir para a discussão sobre o papel do meio físico na trajetória de ocupação humana pós-cabralina do Oeste Paulista, realizou-se – por meio de integração de revisão bibliográfica, e levantamento de novas informações através de mapeamentos de campo e análise de imagens aéreas – um estudo de detalhe na região de Araraquara (SP). Apresentou-se as principais características do meio físico (e.g – topografia, solos, drenagem, clima e unidades geológicas) da área, e discutiu-se o papel delas para a fundação e expansão dos núcleos de ocupação regionais. Igualmente, resumiu-se os compartimentos de relevo majoritários da área (Planaltos Residuais, Patamares Transicionais e Terras Baixas), bem como as principais potencialidades e vulnerabilidades para ocupação humana de cada uma destas unidades da paisagem. Demonstrou-se que cada um destes compartimentos de paisagem foi reservado para distintos usos e funções urbanas e rurais nas diferentes fases de ocupação do Oeste Paulista que se deram na área desde o século XVIII, mostrando como a incorporação humana do meio físico e relevo usou de maneiras distintas as heterogêneas potencialidades de uso de cada qual deles. Mostrou-se que cada qual destas unidades da paisagem vinculam-se a diferentes vulnerabilidades, de maneira que a intensificação do uso humano dos distintos compartimentos de relevo – em especial de áreas tidas como de maior criticidade - se mostraram na forma de diferentes impactos ambientais, ressaltando-se distintas suscetibilidades e ocorrências de enchentes, erosão e assoreamento (incluindo taxa de sedimentação 70 vezes maior do que no tempo anterior a urbanização) dos rios. Apontou-se, ainda, padrões de ocupação e legislações municipais de uso dos solos com potencial para agravar conjunto diversificado de impactos ambientais por estarem em conflitos com vulnerabilidades do meio físico, e apresenta-se propostas para amenizar tais contradições.

Palavras chaves: baixo Rio Mogi-Guaçu, médio Rio Jacaré-Guaçu, geomorfologia urbana, uso humano do relevo, planejamento ambiental, Oeste Paulista

The role of physical environment in human occupation: environmental potentials, vulnerabilities and impacts (floods, erosion and siltation) in the historic trajectory of the region of Araraquara (SP)

ABSTRACT

Seeking to contribute to the discussion about the role of the physical environment in the trajectory of post-Cabral human occupation in the west of São Paulo, it was carried out - through the integration of a bibliographic review, and survey of new information through field mapping and analysis of aerial images – a detailed study in the region of Araraquara (SP). The main characteristics of the physical environment (e.g - topography, soils, drainage, climate and geological units) of the area were presented, and their role in the foundation and expansion of the regional human occupation was discussed. Likewise, the main relief compartments of the area (Residual Plateaus, Transitional Lands and Lowlands) were summarized, as well as the main potential and vulnerabilities for human occupation of each of these landscape units. It was shown that each of these relief compartments were reserved for different urban and rural uses and functions in the different phases of occupation that have taken place in the area since the 18th century, showing how the human incorporation of the physical environment and relief used in different ways the heterogeneous potentialities of use of each one of them. It was shown that each of these landscape units are linked to different vulnerabilities, so that the intensification of human use of the different relief compartments - especially in areas considered to be of greater criticality - were shown in the form of different environmental impacts, emphasizing different susceptibilities and occurrences of floods, erosion and silting (including sedimentation rate 70 times higher than in the time before urbanization) of rivers. It

was also characterized patterns of occupation and municipal legislation on land use with the potential to aggravate a diverse set of environmental impacts because they are in conflict with regional vulnerabilities of the physical environment, and proposals are presented to alleviate such contradictions.

Keywords: low Mogi-Guaçu River, medium Jacaré-Guaçu River, urban geomorphology, human use of relief, environmental planning

Introdução

O meio físico (e.g – relevo, rochas, solos, rios e clima) pode ter um papel importante na trajetória de ocupação humana. Por vezes, tais quadros herdados da natureza podem constituir potencialidades, fatores que favorecem a ocupação humana em determinado período técnico – tais como solos férteis, fontes de águas potáveis e terrenos estáveis. Simultaneamente, o meio físico pode apresentar também vulnerabilidades – fragilidades e características desfavoráveis, que, se expostas a determinadas condições (e.g – específicas formas de uso dos solos), podem levar a ocorrência de impactos ambientais (e.g - enchentes, erosão de solos, assoreamento e poluição de águas), que incluem efeitos nocivos aos próprios grupos humanos (Ab`Saber, 2004; Mirabella e Allacker, 2018; Nagel et al. 2020; Boisvert, 2020).

Nos diversos tempos de ocupação do território brasileiro, balanços entre as características então tidas como favoráveis e desfavoráveis do meio físico para a presença humana tiveram um papel relevante nas decisões sobre quais áreas seriam objeto de mais intensa ocupação e quais seriam deixadas em segundo plano. Já no período pré-colonial, os assentamentos dos diversificados grupos caçadores-coletores do sul e sudeste do Brasil mostravam uma maior frequência de associação com terrenos onde se fazem presentes certas características do meio físico (e.g - presença simultânea de afloramentos rochosos para preparação de ferramentas de pedra lascada, terrenos estáveis para acampamentos e fontes de água potável) que favoreciam os modos de vida e sistemas técnicos daquele tempo (Ab`Saber, 1994; Cheliz et al. 2020 e 2021). No início do tempo colonial, atributos tidos como favoráveis do meio físico convergiam com outros critérios, como a localização então tida como privilegiada, para justificar o esforço maior de se fazer presente em certas áreas e não em outras – tal como na ocupação colonial mais intensa das capitâncias hereditárias da costa setentrional do Brasil nos séculos XVI e XVII, onde suas amplas planícies costeiras apresentavam relevo, solo e clima mais favorável para a valorizada agricultura canavieira e também

eram mais próximas da metrópole europeia do que as então menos visadas fachadas litorâneas escarpadas do litoral meridional brasileiro (Prado Junior, 1983). Em outros intervalos, características do meio físico tidas como especialmente favoráveis contribuíram mesmo para a ocupação se deslocar para locais que se mostravam inadequados por outros critérios – tal como a descoberta de significativa presença de minérios especialmente valiosos ao longo das Minas Gerais, que levou a um grande esforço de ocupação desta porção interiorana do sudeste brasileiro nos séculos XVII e XVIII, apesar do relevo íngreme, do afastamento do litoral e mesmo da maior distância da Europa, quando comparado com a porção setentrional do Brasil.

No Oeste Paulista as características do relevo, solos, hidrografia e clima também tiveram um papel importante para a intensificação da ocupação não ameríndia desta área entre o fim do século XIX e o século XX, ligada ao avanço das frentes cafeeiras ditas pioneiras (Papy, 1957). Desta maneira, estudos de detalhamento do papel do meio físico nas sucessivas etapas de ocupação urbana e rural desta área mostram-se como campo pertinente de pesquisa. Como uma contribuição ao tema, o presente artigo busca apresentar um estudo de detalhe da relação entre o meio físico e a trajetória de ocupação humana pós-cabralina na região de Araraquara (SP). A área em questão é tida como uma das demais antigas ocupações não-ameríndias do Oeste Paulista e vinculada a importantes registros historiográficos e visuais do processo de interiorização do povoamento paulista (e.g – Almeida, 1948; Teralolli, 1977 e 2003).

Em paralelo, estudos que visem discutir a trajetória de ocupação regional a partir de sua relação com o meio físico são menos comuns, o que motivou a realização do presente trabalho, objetivando sistematizar e articular contribuições anteriores na citada direção (e.g – Piuci e Nobile, 1985; Meaulo, 2004 e 2007; Cheliz, 2011; 2013, 2014a e 2014 b; Cheliz et al. 2013; Oliveira, 2017; Menzori et al. 2021; Araujo Neto et al. 2021a e b), bem como apresentar novas informações e discussões sobre o tema por meio de análises de

imagens aéreas, trabalhos de campo e análise da paisagem (cf. Ab`Saber, 1969).

Espera-se com o conjunto de procedimentos supracitados demonstrar e detalhar que : 1- o meio físico regional teve e tem um papel importante para potencializar a trajetória de ocupação humana da região; 2 –o meio físico da área de Araraquara apresenta também importantes vulnerabilidades que conjugadas a supracitada intensificação da presença humana na área pode levar, caso não seja levado em conta certas especificidades e cuidados necessários de áreas sensíveis do meio físico regional, a agravamento significativos de impactos ambientais regionais.

Métodos

Inicialmente, apresentou-se um sumário do meio físico da região de Araraquara (figura 1), com ênfase para revisão do caracterizado previamente nos trabalhos de Cheliz (2011, 2016 e não publicado). Enfatizou-se os seguintes elementos: aspectos da altimetria e declives do terreno, drenagem, unidades geológicas e clima.

As altimetrias e declives do terreno foram caracterizadas cartograficamente por meio de integração entre: 1 - revisão de mapas do IGc (2020) e IBGE (1972); 2- edição de imagens orbitais Aster para levantamento de altitudes e de declives do terreno, feitas conforme recomendado por Gigliotti (2010); 3 – medições de declives do terreno em campo, por meio do uso de uma bússola Brunton. A drenagem foi caracterizada por mescla de mapeamento de campo e análise da composição *World View* disponibilizada pelo software Arcgis 10.2.

As unidades geológicas locais, por sua vez, foram caracterizadas por meio de integração entre: 1 – novos pontos descritivos de campo (c.f Lisle et al. 2011); 2 – coleta de novas amostras para análises petrográficas (c.f Raith et al. 2014); 3 - revisão de trabalhos prévios (e.g - Almeida, 1964; Piuci e Nobile, 1985; Meaulo, 2004 e 2007).

Dados climáticos foram compilados a partir de: 1 – revisão bibliográfica sobre padrões de chuvas, temperaturas e ventos mais usuais, com ênfase para o Atlas Ambiental do plano diretor de Araraquara de 2005; 2- análise dos dados de precipitação diária para os últimos 82 anos, conforme disponibilizado por informações recolhidas em pluviômetro instalado no DAAE (Departamento Autônomo de Águas e Esgoto de Araraquara).

Em seguida, buscou-se apresentar os compartimentos da paisagem e de relevo regionais

(cf. Ab`Saber, 1969) – isso é, extensões de áreas que apresentem combinações relativamente homogêneas dos atributos do meio físico supracitados, conforme caracterizadas nos também previamente mencionados trabalhos de Cheliz (2011, 2016 e em andamento). Procurou-se apresentar para cada compartimento um sumário de suas potencialidades para a ocupação humana, buscando avaliá-los quanto a disponibilidade de: áreas de declives brandos, solos férteis e fontes de água potável.

Igualmente, procurou-se discutir como tais atributos do meio físico local foram incorporados pela ocupação regional, articulando informações previamente existentes sobre a trajetória de presença humana pós-cabralina na área (e.g - Almeida, 1948; Teralolli, 1977 e 2003; Correa, 2008; Lemos, 1999; Souza, 2002; Cheliz, 2011, Françoso, 2015; Menzori, 2018) com as características do meio físico e dos compartimentos da paisagem. Especial ênfase se deu em realizar uma sobreposição entre a localização de fixos tidos como de importantes centralidades para o apoio a ocupação urbana e rural ao longo do tempo (e.g – sedes municipais, sedes de fazendas pioneiras, ferrovias, estações de trem, estações de transporte coletivo, principais avenidas e estações de tratamento de água) e a distribuição deles nos compartimentos de relevo e da paisagem previamente citados.

Buscou-se, com isso, identificar unidades de relevo que tiveram especial relevância para cada qual dos fixos supracitados, discutindo possíveis maneiras estratégicas que potencialidades de partições do meio físico local foram incorporadas na trajetória de ocupação humana regional. Buscou-se também discutir combinações de características dos compartimentos da paisagem que implicassem em maiores vulnerabilidades ambientais. Adotou-se ênfase em identificar compartimentos ou segmentos deles tidos como mais vulneráveis a ocorrência de enchentes urbanas, erosão de solos e assoreamento de rios, levando em consideração para tal fim a concepção de análise da paisagem de Tricart (1977).

Para a identificação de vulnerabilidades a enchentes urbanas, buscou-se identificar os compartimentos da paisagem ou segmentos deles que atendem os critérios de Tricart (1977) para serem considerados áreas predominantes de recepção de energia e matéria e que também apresentassem: 1 – tendências naturais das unidade do relevo a serem palco de extravasamento

periódicos (inundações das águas dos rios locais), 2 – combinações de características (e.g - fundos de vale de declives brandos quando comparados ao de terrenos adjacentes, materiais geológicos de baixa permeabilidade, padrões de drenagem marcados por encontro de canais com ângulos obtusos entre si e áreas de drenagem significativas) que, caso conjugados a impermeabilização excessiva, podem contribuir para a ocorrência de enchentes urbanas, inclusive quando naturalmente não sejam áreas de ocorrências de inundações. Realizou-se para algumas destas áreas estimativas conservadores do escoamento superficial decorrente de eventos pluviométricos, subsidiadas por classificações não supervisionadas de uso dos solos e cálculos de curva-número (cf. Nagel et al. 2020)

Para a identificação de locais mais vulneráveis a erosão, procurou-se verificar a existência de terrenos que atendem os critérios de Tricart (1977) para delimitar áreas predominantemente transmissoras de fluxos e energia que ocorram em paralelo a: 1 – locais que combinem unidades geológicas mais vulneráveis a desagregação por fluxos hídricos superficiais e declives maiores (>20 graus) que a média da área; 2 – locais como os anteriormente citados no item “1”, e que também situam-se perpendiculares as direções usuais de ventos mais intensos na área, conforme caracterizados por Atlas ambiental do Plano Diretor de 2005 de Araraquara; 3 – locais que apresentem declives pontualmente obtusos

(>50 graus de inclinação) associados pela literatura (Meaulo, 2007; Cheliz, 2016) a possíveis descontinuidades e planos de falhas geológicas, que configuram zonas de fraqueza para a ação erosiva (sobretudo pluvial).

Para identificar áreas de maior vulnerabilidade a assoreamento, identificou-se trechos de rios e planícies aluviais situados em áreas predominante vinculadas a recepção de fluxos e matéria (Tricart, 1977) e adjacentes (<500 m) as supracitadas encostas vinculadas a combinações de maiores declives e materiais geológicos mais facilmente desagregáveis.

Para a finalidade de identificar locais que apresentam as associações de atributos supracitadas que indicam áreas de vulnerabilidade aos referidos impactos ambientais, foram fuzzificados (cf. Souza Filho, 2010) no software arcgis 10.2 as cartas que registram as variáveis vinculadas a cada qual dos impactos supracitados, e aplicou-se o Operador Fuzzy correlato ao “Operador E” – ArcToolbox> Spatial Analyst Tools> Overlay> Fuzzy Overlay> AND. (cf. Souza Filho, 2010). Desta maneira, delimitou-se os locais em que ocorrem as sobreposições de atributos correlatos aos referidos impactos. Em seguida, realizou-se trabalhos de campo nos entornos de tais áreas, visando identificar feições sugestivas de processos associados a tais impactos, bem como atributos de detalhe de solo e relevo locais que possam contribuir para tais impactos.

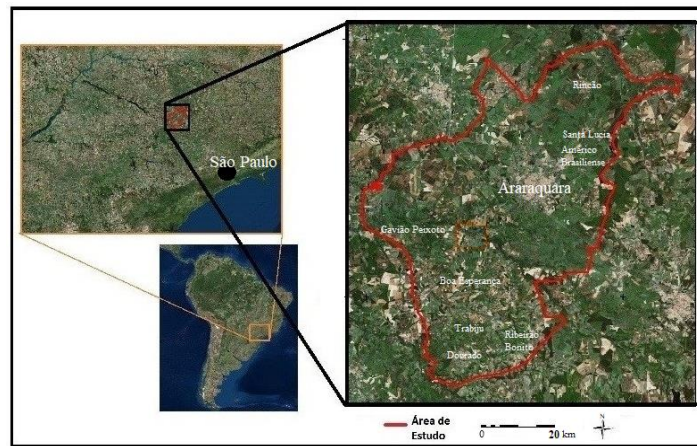


Figura 1 – localização da área de estudo. Elaboração própria, a partir de imagens do Google Earth

Buscou-se, ainda, através de trabalhos de campo e revisão da literatura (e.g – IPT, 1971; Igç, 2008; revisão de acervo dos jornais Portal Acidade on e O Imparcial dos últimos 5 anos; Meaulo, 2007; Cheliz, 2011, 2013 e 2014), verificar em tais áreas de maior vulnerabilidade a existência de impactos

ambientais (e.g – enchentes, feições erosivas de maior magnitude e assoreamento) já existentes e conhecidos. Naqueles considerados mais significativos, buscou-se apresentar sua localização em meio aos compartimentos da

paisagem regionais, bem como o registro fotográfico e cartográfico deles.

Procurou-se também analisar mudanças de uso dos solos – feitas por mescla de revisão bibliográfica, e análise de imagens aéreas (cf. Gigliotti, 2010) disponibilizadas pelo Laboratório de Aerofotografia da FFLCH e pelo software *Google Earth Pro* - nas áreas drenadas para tais locais para identificar transformações que, combinadas as características do meio físico, possam ter contribuído (e.g – por ampliar e/ou concentrar o escoamento superficial direcionado para tais locais) para a ocorrência de tais impactos ambientais acentuados (Cheliz, 2011). Igualmente buscou-se, para esses locais vinculados a maiores vulnerabilidades e impactos ambientais, realizar uma análise do planejamento de uso dos solos (e.g – análise do plano diretor de Araraquara, maior município regional) que contenham medidas previstas que possam vir a agravar os impactos de tais áreas.

Através do estudo destes casos pontuais, busca-se identificar tipos e propostas de uso dos solos que – se aplicadas em outras extensões da região com características do meio físico semelhantes – podem levar a repetição de impactos ambientais de intensidade similares em outros locais. Igualmente, buscou-se discutir medidas preventivas ou mitigadores dos impactos identificados, bem como de ações que poderiam contribuir para inibir a chance de impactos semelhantes se manifestarem em outros locais.

Resultados e discussões

O meio físico da região de Araraquara

A área que perfaz a região de Araraquara - inserida próxima a transição entre os domínios geomorfológicos estaduais das Cuestas e do Planalto Ocidental Paulista (Almeida, 1964) - caracteriza-se por terrenos de declives predominantemente brandos, sendo incomuns inclinações superiores a 10 graus, e raras as maiores do que 20 graus. Apresenta, ainda, amplitude relativamente baixa de suas altitudes (distribuídas entre 430 e 730 metros, e majoritariamente contidas na faixa entre 500 e 660 metros) – figuras 2 e 3. Numerosos córregos

perenes (majoritariamente com larguras menores do que 5 metros, e profundidades menores do que 2 metros), na maior parte dispostos horizontalmente de maneira paralela ou subparalela próximos a direções entre N10E e N30E, se superpõem a área, com nascentes situando-se adjacente as áreas de cumeadas da região (670-730 metros). Estes córregos são afluentes dos principais rios meandantes que cruzam as baixadas locais (e.g – rios Jacaré-Guaçu e Mogi-Guaçu, com larguras de cerca de 20 e 30 metros dos canais principais, respectivamente), estes últimos predominantemente alinhados com a direção W-E e NW-SE. Tal quadro topográfico e de drenagem favorece, na maior parte, a ocupação humana, na medida que se constitui por predomínio de terrenos de declives suaves e abundâncias de fontes hídricas.

Cada faixa de altitude associa-se a diferentes predominantes rochas e sedimentos. Nas menores altitudes (e.g – 490-520 m), prevalecem sedimentos arenosos inconsolidados quaternários, enquanto nas altitudes intermediárias (520-640 m) predominam arenitos e rochas ígneas básicas (e.g – basaltos) mezosóicas. Coberturas Arenosas Indivisas mostram-se nas cumeadas (e.g - 640-720 m) locais (figuras 4 e 5, e tabela 1). Cada qual das unidades geológicas apresenta diferentes composições, graus de alteração e arranjos de seus minerais (tabela 1 e figura 5), que se refletem em diferentes características tidas como favoráveis e desfavoráveis para ocupação humana dos terrenos onde afloram. Dentre as favoráveis ressalta-se que nas cotas topográficas intermediárias-altas (>620 m), as unidades geológicas mostram-se alteradas em solos espessos (>10m de profundidade – Piuci e Nobile, 1985), dos quais destacam-se aqueles originados da decomposição das rochas ígneas. A abundância e diversidade de elementos químicos (e.g – ferro, magnésio) importantes para a nutrição vegetal presentes nos minerais predominantes de tais rochas (Meaulo, 2004; Cheliz, 2011 e 2016) contribui para que os solos originados de sua alteração (popularmente conhecidos como “Terra Roxa”) sejam tidos como de extraordinária fertilidade para a agricultura (Piuci e Nobile, 1985; Meaulo, 2004 e 2007; Cheliz, 2011 e 2016)

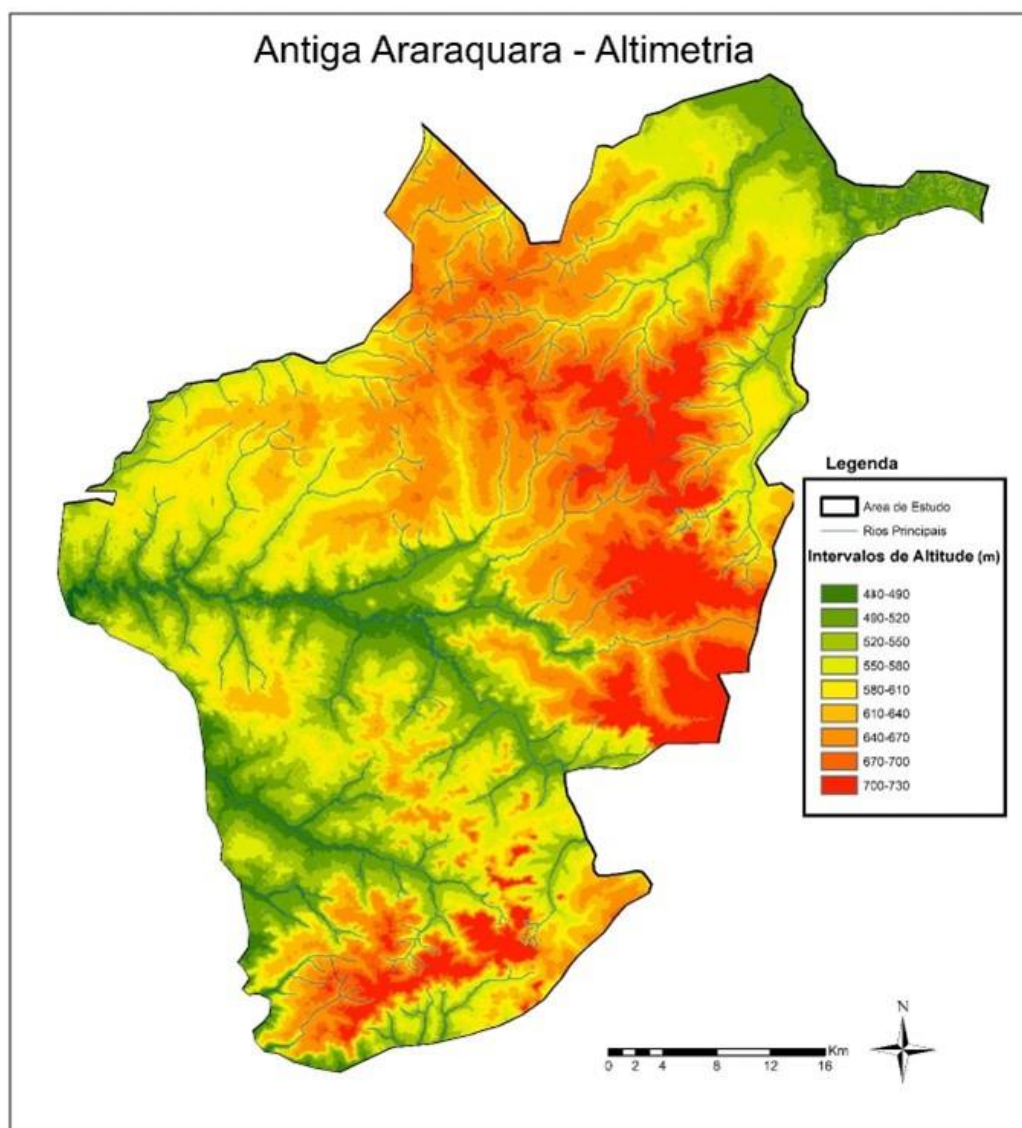


Figura 2 – mapa altimétrico da Antiga Araraquara.

Igualmente, a granulação predominantemente fina (figuras 5G e 5H), o caráter massivo e a forte coesão da ligação que predominam entre os minerais de tais rochas as tornam pouco propícias a serem desagregadas, contribuindo para tornar os terrenos aos quais vinculam-se como mais estáveis para fixação humana. A presença de porosidade (e.g – cavidades dispersas entre os diversos minerais que compõe a rocha – Figuras 5E e 5F) elevada (~30%) e interconectividade entre os poros dos arenitos da Fm. Botucatu e Coberturas Arenosas Indivisas locais, por sua vez, contribui para que retenham reservas de água em seu interior, constituindo boas fontes de água subterrânea (Meaulo, 2007). Em relação as características tidas como desfavoráveis, ressalta-se a maior facilidade de penetração e desagregação pela circulação de águas superficiais

destes mesmos arenitos e Coberturas Arenosas Indivisas (Cheliz, 2011 e 2016), e também de parte dos depósitos de fundo de vales locais (figuras 5I e FJ), sobretudo quando comparados a menor permeabilidade das rochas básicas (Fm. Serra Geral) – tabela 1. De maneira similar, em alguns segmentos da área as rochas básicas mostram-se associadas a estruturas geológicas (fraturas e falhas) ou cavidades dispersas em meio a rocha (tabela 1), possivelmente em parte resultante do intemperismo de porfiroblastos (minerais pontualmente muito maiores do que o usual para a predominante granulação fina de tais rochas ígneas - figuras 5G e 5H). Tais elementos constituem zonas de fraqueza, tornando os locais pontuais onde mostram-se mais facilmente desagregáveis e menos estáveis para a apropriação humana do meio físico.

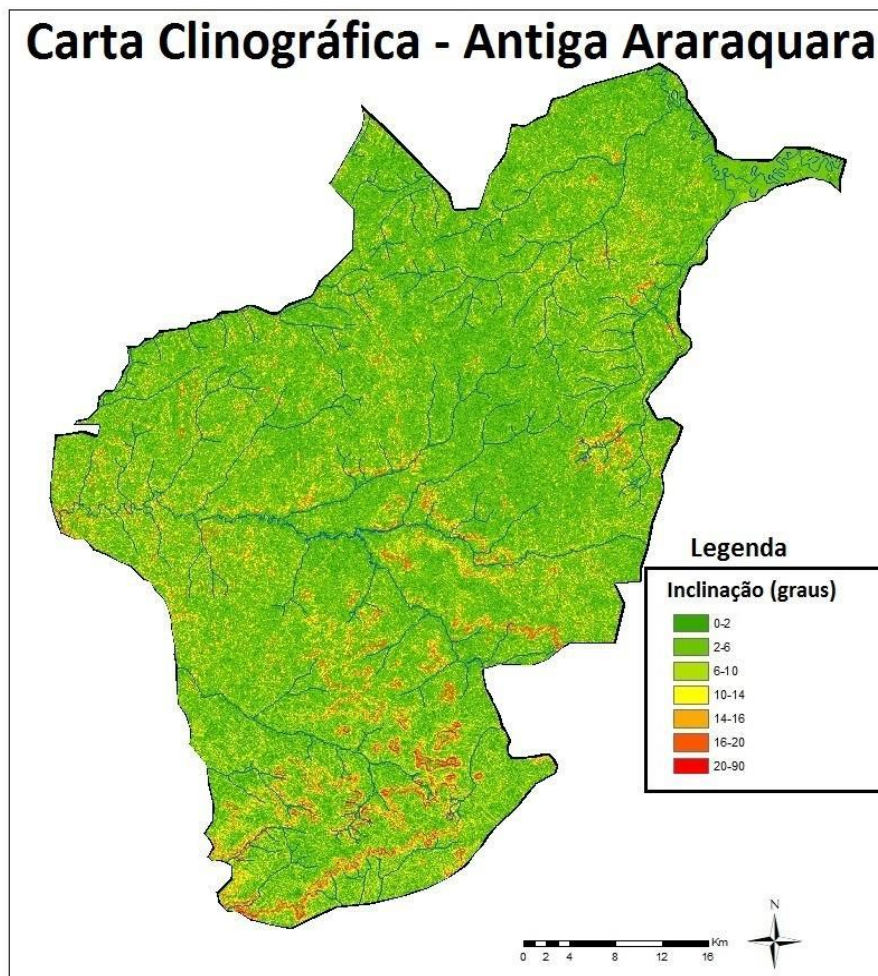


Figura 3 – mapas de declives do terreno da Antiga Araraquara. Fonte: Cheliz (não publicado)

O clima na região de Araraquara, por sua vez, é tido como subtropical, com temperaturas usualmente contidas entre 25 e 35 graus no verão, entre 5 e 20 graus no inverno, e precipitações anuais médias estando por volta de 1200 mm (figura 6) – DAAE, 2020. Maiores volumes de precipitação concentram-se nos meses de verão (sobretudo Dezembro e Janeiro), e também, por vezes, em Outubro e Novembro – tabela 2. Variações interanuais das precipitações totais se registram, com anos mais secos com valores de chuvas até 40% menores e 80% maiores que a média – figura 6. Nota-se também uma variação na média de chuvas mensais – ressaltando-se uma tendência de crescimento das médias de chuvas, sobretudo as associadas a Dezembro e Janeiro, ao longo do tempo (tabela 2). Igualmente, registrou-se – comparando alguns anos avulsos próximos ao

início e fim da séria histórica com valores de precipitação anuais semelhantes – uma sugestão de tendência dos anos mais recentes apresentarem valores máximos de chuvas diárias até 60% maiores do que do que os anos da primeira metade do século XX (Cheliz, não publicado). Mostrando-se nisso similar a padrões identificados por Siqueira e Nery (2018) para amplas extensões de São Paulo. Tais diversidades temporais da distribuição das chuvas não chegam, porém, a comprometer o caráter perene dos principais rios regionais, que usualmente fluem continuamente ao longo de todo o ano, e simultaneamente as chuvas não são excessivas ao ponto de continuamente encharcarem os solos, características que favorecem tanto o abastecimento hídrico de populações ali instaladas como a prática da agricultura.

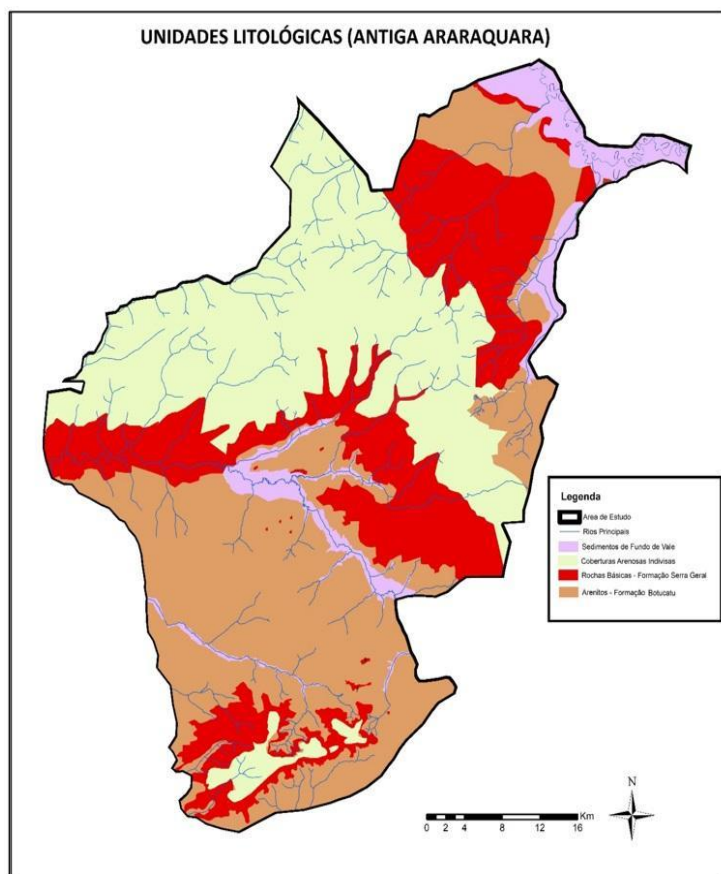


Figura 4 – mapa das unidades geológicas

Tabela 1 – unidades geológicas, e diferentes propensões a infiltração de águas e desagregação por escoamento superficial

Unidade geológica	Mineralogia mais usual	Permeabilidade e erodibilidade
Sedimentos arenosos de fundo de vale	Depósitos inconsolidados predominantemente arenosos, mas inclui também minoritários segmentos de cascalheiras e de silte. Quartzo compõe até 60% das amostras, até 10% de minerais secundários, até 30% de poros em depósitos arenosos quaternários.	Muito alta
Arenitos (Formação Botucatu)	Arenitos de granulometria média-fina, com presença de estratificações cruzadas e plano-paralelas. 65% da extensão das lâminas são compostas por quartzos esféricos ou semi-esféricos e bem arredondados, 5% por minerais secundários, e 30% por poros e/ou preenchidos por sílica amorfa. A distribuição dos poros se dá de maneira homogênea	Alta nos segmentos em que apresenta porosidade primária elevada, baixa nas que apresenta silificação elevada
Rochas básicas (Fm. Serra Geral)	Basaltos e diabásios, parte deles sobrepostos por fraturas. 80% constituídos por plagioclásios e piroxênios, 20% por minerais secundários, majoritariamente sem ocorrência de poros entre os grãos, embora afloramentos minoritários apresentem pequenas cavidades possivelmente decorrentes do intemperismo de vesículas e porfiroblastos	Predominantemente baixa, mas de média a alta nos segmentos associados a mais intensa presença de fraturas, descontinuidades e cavidades (e.g – morros basálticos a nordeste de de Boa Esperança do Sul, escarpas a leste de Santa Lucia)
Coberturas Arenosas Indivisas	Predominantemente formados por areias, com presença de blocos rochosos (>10 cm) dispersos em meio a eles. Majoritariamente compostas por quartzo,	Media a Alta

Fonte: elaboração própria, a partir de adaptação de Meaulo (2007), Cheliz (2016 e não publicado)

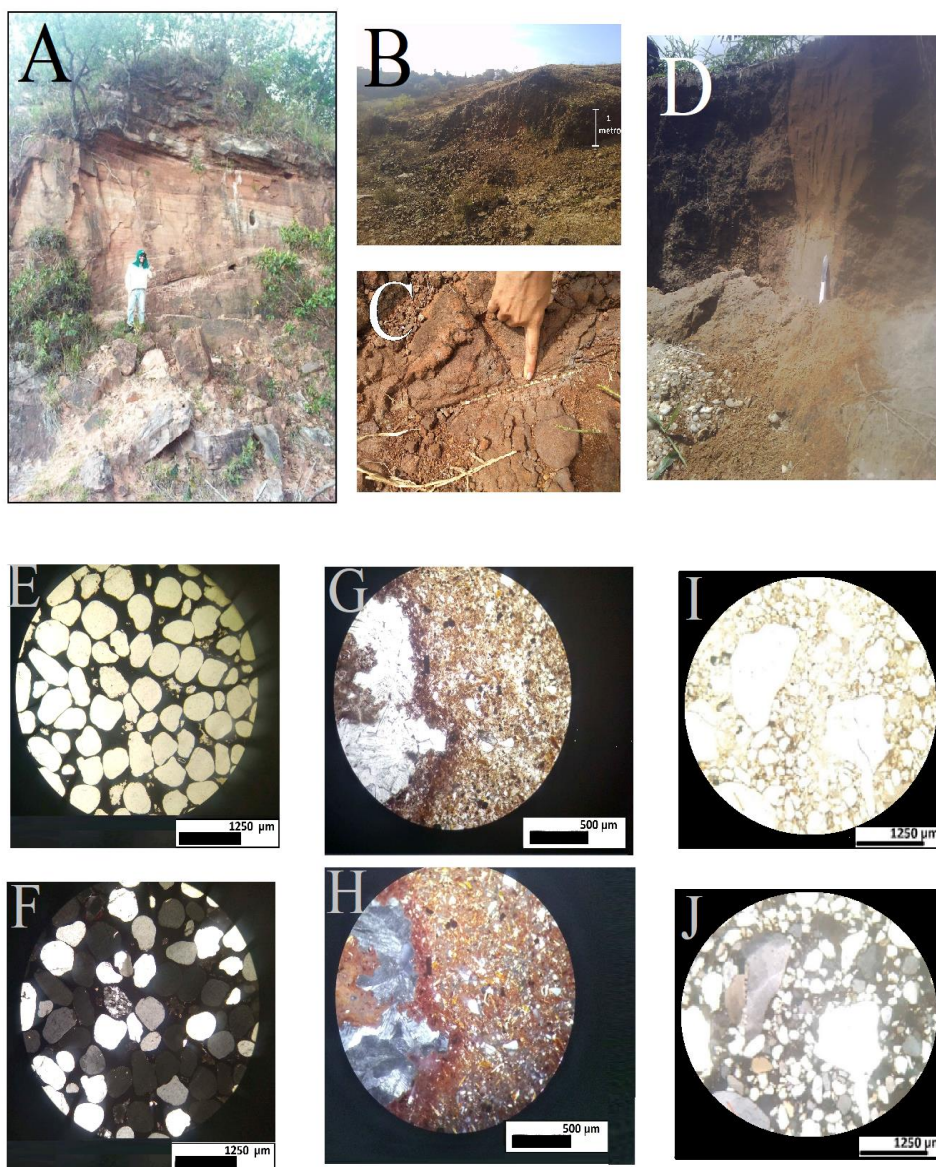


Figura 5 – afloramentos representativos das principais unidades geológicas, e capturas microfotográficas representativas de suas principais características petrográficas: A – afloramento de arenitos da Fm. Botucatu, no município de Santa Lucia; B – afloramento de basaltos da Fm. Serra Geral, no município de Dourado, C: detalhe apontado fraturas em rochas ígneas básicas, parte delas preenchidas por veios de materiais silicosos, no município de Américo Brasiliense, D: depósitos arenosos de fundo de vale adjacente ao Ribeirão Anhumas, em seu médio curso; E e F: microfotografias de arenitos da Fm. Botucatu, com nicois cruzados e descruzados, respectivamente – manchas escuras são constituídas por resina usada para impregnar a amostra, evidenciando a elevada porosidade que usualmente as caracteriza; G e H: microfotografias de rochas básicas da Fm. Serra Geral, com nicois cruzados e descruzados, respectivamente – a direita vemos o padrão predominante em tais rochas, de minerais de granulação fina dispostos adjacentes uns aos outros e sem formação de poros entre eles, a esquerda vemos padrão menos usual – presença de pontuais minerais de granulação muito maior que o usual de tais rochas; I e J: microfotografias de depósitos arenosos de fundo de Vale das Terras Baixas, nicois cruzados e descruzados, respectivamente. Adaptado de fotografias de acervo pessoal, Cheliz (2011) e de Cheliz (não publicado).

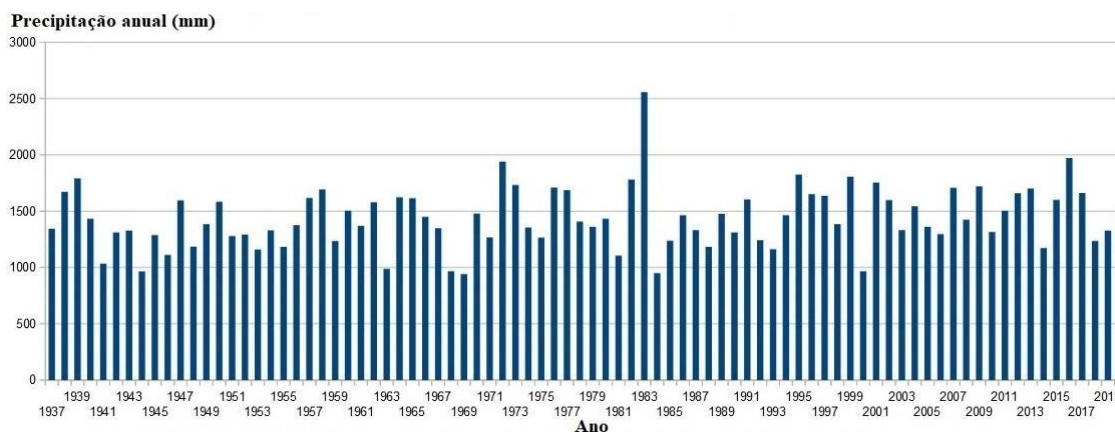


Figura 6 – pluviograma de precipitação anual da área de Araraquara para o período entre 1937 e 2020, feito com base nos dados do pluviômetro do DAAE (Departamento de Águas de Araraquara).

Tabela 2 – Médias mensal das chuvas (mm) em diferentes intervalos de tempo

Anos / Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1937-2021	265,73	218,67	160,11	71,56	58,26	35,91	25,66	25,30	59,61	126,68	158,41	243,00
1937-1970	232,67	224,91	160,90	56,24	51,39	31,96	20,83	20,98	46,96	129,78	161,40	223,52
1970-2020	291,52	215,72	161,40	82,84	63,70	38,71	28,94	28,29	68,21	124,53	156,28	256,25
1937-1965	229,59	231,60	167,28	58,60	56,68	32,58	23,68	19,79	44,76	128,35	160,37	229,67
1966-1993	243,94	200,94	164,11	81,95	55,66	37,29	30,50	30,14	69,27	129,37	159,71	239,96
1994-2021	316,31	230,53	149,55	75,22	62,49	39,50	23,95	26,36	65,30	122,48	156,21	255,63

Fonte: elaboração própria, a partir de dados do pluviômetro do DAAE

O papel do meio físico na trajetória de ocupação

As principais supracitadas características do meio físico local (e.g - amplas extensões de terrenos de declives brandos, fontes de águas e chuvas abundantes, e amplas extensões de solos de elevada fertilidade) refletem aquelas atribuídas para vastas extensões do Oeste de São Paulo por expedições realizadas no limiar entre os séculos XIX e XX a mando do governo paulista (e.g – atividades da Comissão Geográfica e Geológica). Tais expedições incluíram a região histórica dos “Campos de Araraquara”, da qual a área de estudo faz parte e de onde seu maior município herdou seu nome, sendo que no tempo dos supracitados citados levantamentos o povoamento não-ameríndio se mostrava ali pouco denso (Figueiroa, 1987).

Os quadros naturais descritos por tais expedições nestas áreas ocidentais paulistas apontavam, porém, potencialidades vistas então como mais propícias para ocupação urbana e,

sobretudo, rural do que as que caracterizam domínios naturais privilegiados até então para ocupação pós-cabralina no sudeste do Brasil.

Mostravam-se, assim, diferentes dos terrenos acidentados encontrados pelos núcleos urbanos jesuíticos, bandeirantes e mineradores na porção oriental de São Paulo e do sul de Minas Gerais, onde as antigas cidades dos tempos da Colônia e Império esgotavam rapidamente as esparsas áreas de declives brancos dos fundos de vale e topos de morros, e eram logo forçadas a se sobrepor as ali prevalecentes encostas de íngremes morrarias (Ab’Saber, 1956). Igualmente, apresentavam-se distintas daquelas de cidades litorâneas fundadas ainda no período colonial, que comprimidas em baixadas estreitas entre serranias, oceanos e áreas alagáveis, por vezes necessitaram disputar espaço com o próprio mar por meio de aterramentos (e.g – Rio de Janeiro), ou drenar vastas áreas de brejos de manguezais (e.g - Santos) para assim conseguirem criar artificialmente áreas

mais adequadas para expansão urbana (Bastide, 1959; Cheliz e Oliveira, 2020).

Caracterizavam-se, também, diferente das potencialidades legadas por quadros do meio físico ligados a zonas de expansão urbana e rural das áreas de Depressão Periférica Paulista (Almeida, 1964), que ainda que também associadas a vastas áreas de declives brandos, caracterizavam-se pelo predomínio de solos tidos como menos férteis intercalados com manchas pontuais de solos comparativamente de maior fertilidade, associados a decomposição de intrusões esparsas de rochas ígneas básicas, em torno das quais emergiram importantes centros rurais e urbanos (e.g – Campinas, Limeira).

Tal contexto comparativamente mais favorável de potencialidades para ocupação dadas pelo meio físico do Oeste Paulista contribuiu para a decisão do governo de São Paulo viabilizar a intensificação de seu povoamento entre o fim do século XIX e início do século XX (Prado Junior, 1986). Esta interiorização do povoamento motivado em parte pelas características do meio físico favoreceu – como lembra Ab`Saber (2004) – São Paulo se tornar em meados do século XX o único estado brasileiro tocado pelo mar a não ter a maior parte de sua população instalada adjacentes as áreas de ocupação coloniais litorâneas primordiais. Foram, ainda, estes quadros físico-naturais vistos como excepcionais o suficiente para justificar o dispêndio de esforços visando superar atributos que dificultavam a ocupação pós-cabralina destas áreas até então – tais como a necessidade de criação de rede de ferrovias transpondo as íngremes serras a oeste de Rio Claro, a grande distância do porto de Santos (por onde a produção agrícola, notadamente cafeeira, de São Paulo era exportada) e da capital, bem como a densa presença ameríndia (Mano, 2006).

Nesse esforço de interiorização da ocupação de São Paulo, núcleos esparsos de povoamento subordinados ao governo paulista previamente existentes nessas áreas ocidentais tiveram papel importante. Por vezes, inclusive, receberam infraestruturas de grande centralidade para o processo de tomada do Oeste. De fato, foi esse o caso da vila de Araraquara, fundada ainda entre o fim do século XVIII e início do século XIX por um posseiro (Pedro José Netto) e seus familiares que se estabeleceram nas áreas orientais dos Campos de Araraquara, então distantes do poder concreto da Coroa Portuguesa (Teralolli, 1977; Souza, 2002).

Para Souza (2002), Pedro Jose Netto seria um aventureiro solitário e o próprio feito de ter conseguido de alguma maneira se estabelecer nesta área de acesso tido como difícil e antes de domínio exclusivo de indígenas, e criado um núcleo de ocupação com benfeitorias contribuiu para que posteriormente negociasse e tivesse pendência com a justiça perdoada pelo poder colonial, interessado em estabelecer um enclave no local. Françoso (2015), por outro lado, destaca que a ida de Pedro José Netto e familiares para a área pode ter sido previamente acordada pelo poder da época, interessado em tomar posse efetiva daquele território. A despeito das divergências sobre como se deu a fundação e as motivações para o deslocamento dos posseiros iniciais, o local se estabeleceu como área de ocupação agropastoril no limiar entre os séculos 18 e 19. Se o núcleo de povoamento inicial no fim do século 18 era estimado em apenas 20 pessoas por Teralolli (1977) e composto por edificações esparsas, em 1817 os habitantes locais eram mais de 300 quando da elevação da área a Freguesia, contando com um rebanho de mais de 2660 cabeças de gado e mais de 30 mil alqueires paulistas de pastagem e cultivo agrícola (majoritariamente milho, feijão e arroz) em 1837, e já com mais de 2,6 mil habitantes em 1860 (Souza, 2002; Correa, 2008 e Françoso, 2015) – tabela 3.

A conjunção entre características do meio físico que motivava a interiorização da ocupação paulista, o caráter precoce do núcleo urbano e rural de Araraquara e a sua posição limítrofe com as áreas em que se planejava criar frentes pioneiras cafeeiras, contribuiu para a alocação ali do trecho terminal da ferrovia construída pela Companhia Paulistana em 1885. Igualmente, tais características contribuíram para a instalação na então Vila de Araraquara de estação de trem, pátio de manobras ferroviárias, bem como para sua conversão em ponto de desmembramento dos ramais férreos que passaram a se estender rumo a noroeste (Ferrovia Araraquarense, de início um empreendimento privado com base em capital local – Silva e Tosi, 2020) e norte (continuidade da Ferrovia Paulistana). Passa-se, também, a se dar na área a consolidação de núcleos de suporte rural e articulação de fazendas adjacentes as novas estações das ferrovias que se expandiam, seja a partir de desmembramento dos ramais ferroviários originados da cidade de Araraquara (e.g – estações de Américo Brasiliense, Santa Lucia e Rincão a partir de 1891, em tornos das quais se firmaram as

idades de mesmos nomes), seja por ramal da ferrovia Douradense (e.g - dos quais instalaram-se as estações que levaram a consolidação dos núcleos de Ribeirão Bonito e Dourado). O expressivo crescimento da ocupação na área de Araraquara entre o fim do século XIX e os anos 20 do século XX (tabela 3) refletia tanto seu próprio papel como produtor cafeeiro como sua função como entreposto no grande processo de interiorização do povoamento no Oeste Paulista, sobretudo para a “boca do sertão” de São José do Rio Preto, a noroeste.

A infraestrutura legada por este período da expansão cafeeira (sobretudo a presença de ferrovias que permitiam a ligação com a capital paulista e porto de Santos) foi importante mesmo com o esgotamento do auge deste ciclo econômico, no fim da década de 20 do século XX. Sobretudo, na medida que contribuiu para permitir o escoamento de produtos de indústrias de base local do setor têxtil (e.g – indústrias Lupo) e metalúrgicas (e.g – indústrias Nigro) que tiveram papel importante em suprir mesmo que parcialmente o lapso econômico deixado pelo fim

do auge do complexo cafeeiro (Souza, 2002; Françoso, 2015).

Igualmente, tais infraestruturas herdadas e os declives brandos dos terrenos locais tiveram importância para a escolha de município da região (Araraquara) ser cruzada por vias de circulação estadual (e.g – rodovia Washington Luiz), que contribuíram para o recebimento de filiais de indústrias e de empresas do setor de serviços que se deram sobretudo quando da desconcentração industrial da capital paulista, a partir de meados dos anos 70 do século XX (Cano, 1987 e 1997; Cheliz, 2011). Tais fixos legados e a consequente possibilidade de escoamento ágil da produção para outros locais (e.g – metrópole da Grande São Paulo, e Porto de Santos) favoreceram, ainda, para a intensificação da atividade industrial e ampliação das áreas cultivadas pelo complexo agroindustrial regional (e.g – indústrias Cultrale), sobretudo a partir da implantação do programa federal Pró-Álcool (e.g – ampliação de atividades das usinas Zanin e Santa Cruz), nos fins dos anos 70 (Cheliz, 2011).

Tabela 3 – crescimento da população da região de Araraquara entre o fim do século XIX e a primeira metade do século XXI

Ano	População	Observações
1790	20	
1817	336	
1860	3400	
1889	5000	Em 1885, ocorre a chegada da ferrovia da Companhia Paulistana em Araraquara.
1902	5406	Em 1891, ocorre expansão do ramal ferroviário para norte e fundação das estações de Américo, Santa Lucia e Rincão, que intensificam a ocupação dos então povoados de mesmos nomes. Deste total, incluía-se 2187 estrangeiros (majoritariamente italianos). Surto de febre amarela que se deu em 1896, que se estima ter matado 800 pessoas, contribuiu para inibir aumento da população em relação a contagem anterior.
1928	23000	
1940	72724	
1950	75668	
1960	85688	Em 1954 a Rodovia Washington Luiz passa a cruzar a região e a cidade de Araraquara, potencializando condições logísticas
1970	120898	
1980	160438	
1991	220730	Duplicação da Rodovia Washington Luís entre 1981 e 1982 contribui para melhorar condições logísticas, ampliar transferências de indústrias da capital, que contribuem para crescimento da população, no contexto da Desconcentração Industrial Paulista
2000	260471	
2010	301214	
2020	340430	

Fontes: adaptado de Telarolli (1977), Córrea (2008) Souza (2002), Françoso (2015) e IBGE (2020)

Estas dinâmicas econômicas pós-cafezeiras contribuíram, em especial a partir da segunda metade do século XX, para um expressivo crescimento da população (tabela 3), expansão das zonas urbanas (impulsionada tanto por migrantes vindos de outras áreas atraídos pelas novas indústrias e/ou expansão da agroindústria – Almeida, 2020, quanto pela migração do campo para a cidade ligada a mecanização da agricultura no fim do século XX), e importantes modificações (e.g – expansão do plantio de cana-de-açúcar – Souza, 2002; Correa, 2008; Cheliz, 2011) de uso das áreas rurais. Chegando, assim, a região de Araraquara a um total de cerca de 340 mil habitantes em 2020 - dos quais cerca de 65% concentram-se no município homônimo, 13% em Américo Brasiliense, e os demais dispersam-se em outros seis municípios com menos de 20 mil habitantes - distribuídos ao longo de mais de 20 quilômetros quadrados de áreas urbanas e mais de 1500 quilômetros quadrados de áreas agrícolas (majoritariamente cana-de-açúcar e, minoritariamente, laranja, café e pinus) em meio aos cerca de 2000 quilômetros quadrados totais de área da região. Impondo, assim, diversificadas pressões antrópicas sobre os quadros do meio físico e do relevo regionais.

Os compartimentos de paisagem em que se deram a expansão da ocupação humana, e suas potencialidades e vulnerabilidades ambientais

A despeito das variações aparentemente suaves do meio físico e relevo da área de Araraquara, sua análise em maior detalhamento permite a delimitação de diferentes compartimentos geomorfológicos (figura 7 e tabela 4), cada qual deles com específicas potencialidades e vulnerabilidades para uso humano que foram realçadas ao longo das várias fases supracitadas da trajetória de ocupação local, conforme sumarizado na tabela 4 e detalhado nos tópicos a seguir. Igualmente, cada qual deles foram reservados para específicos usos prioritários e funções diferenciadas na trajetória de ocupação regional, conforme detalhado nos próximos tópicos.

Os Planaltos Residuais

Os Planaltos Residuais associam-se com terrenos de declives predominantemente suavizados e perfazem as cumeadas da área de Araraquara, caracterizando-se por altitudes contidas majoritariamente entre 600 e 720 metros

(figuras 2, 3 e 7). Não apresentam continuidade em planta, mostrando-se fragmentados ao longo da extensão da Antiga Araraquara - sendo os planaltos mais expressivos o de Araraquara (norte da área) e de Dourado (sul da área) - Tabela 5 e figura 7. Prevalecem neles a unidade geológica das Coberturas Arenosas Indivisas (figura 4), havendo também minoritárias e usualmente estreitas (<800 m) faixas de afloramentos de rochas básicas, margeando os rios que correm nos fundos de vale locais.

Os segmentos mais elevados dos referidos planaltos são marcados por terrenos aplainados e semi-aplainados (interflúvios), que se dispõem por alinhamentos próximos as direções oeste-leste e norte-sul, situados predominantemente entre as altitudes de 660 e 720 metros. No Planalto de Araraquara os referidos níveis semi-aplainados se estendem por alinhamentos contínuos de até meia dezena de quilômetros. Um dos mais extensos e altos deles ali se situa entre as sedes municipais de Américo Brasiliense e Santa Lucia (figura 8), se prolongando por cerca de 5 km a leste até a norte do bairro Vale do Sol e do cemitério dos Britos, no município de Araraquara. A partir dele, projetam-se esporões de terrenos semi-aplainados elevados de menores dimensões rumo a sudeste e nordeste, paralelos a alguns córregos e ribeirões de calhas de declives majoritariamente brandos (<5 graus de inclinação); bem como apresentam-se também em pontuais segmentos isolados em relação ao conjunto majoritário destes terrenos aplainados.

Além do limite destes interflúvios semi-aplainados, os terrenos apresentam redução gradativa de altitudes conforme se aproximam das calhas usualmente pouco íngremes (<5 graus de inclinação) dos perenes córregos que fluem subparalelos nos fundos de vale locais (usualmente entre 600 e 630 metros), dispostos em alinhamentos predominantes proximais a direção NE-SW. Tais terrenos (vertentes) que se dispõem entre as áreas semi-aplainadas (interflúvios) e os estreitos fundos de vales apresentam declives predominantemente brandos (<5 graus de inclinação), com exceção dos segmentos proximais aos fundos de vale, onde podem localmente exceder 7 graus de inclinação. Mostram-se, ainda, frequentemente com declives até 30% maiores em segmentos distantes entre 2000 e 4000 metros dos alinhamentos principais de interflúvios alinhados com a direção Oeste-Leste, correlatos aos divisores

Compartimentos de relevo e áreas de maior vulnerabilidade a inundações, enchentes e erosão - região de Araraquara (SP)

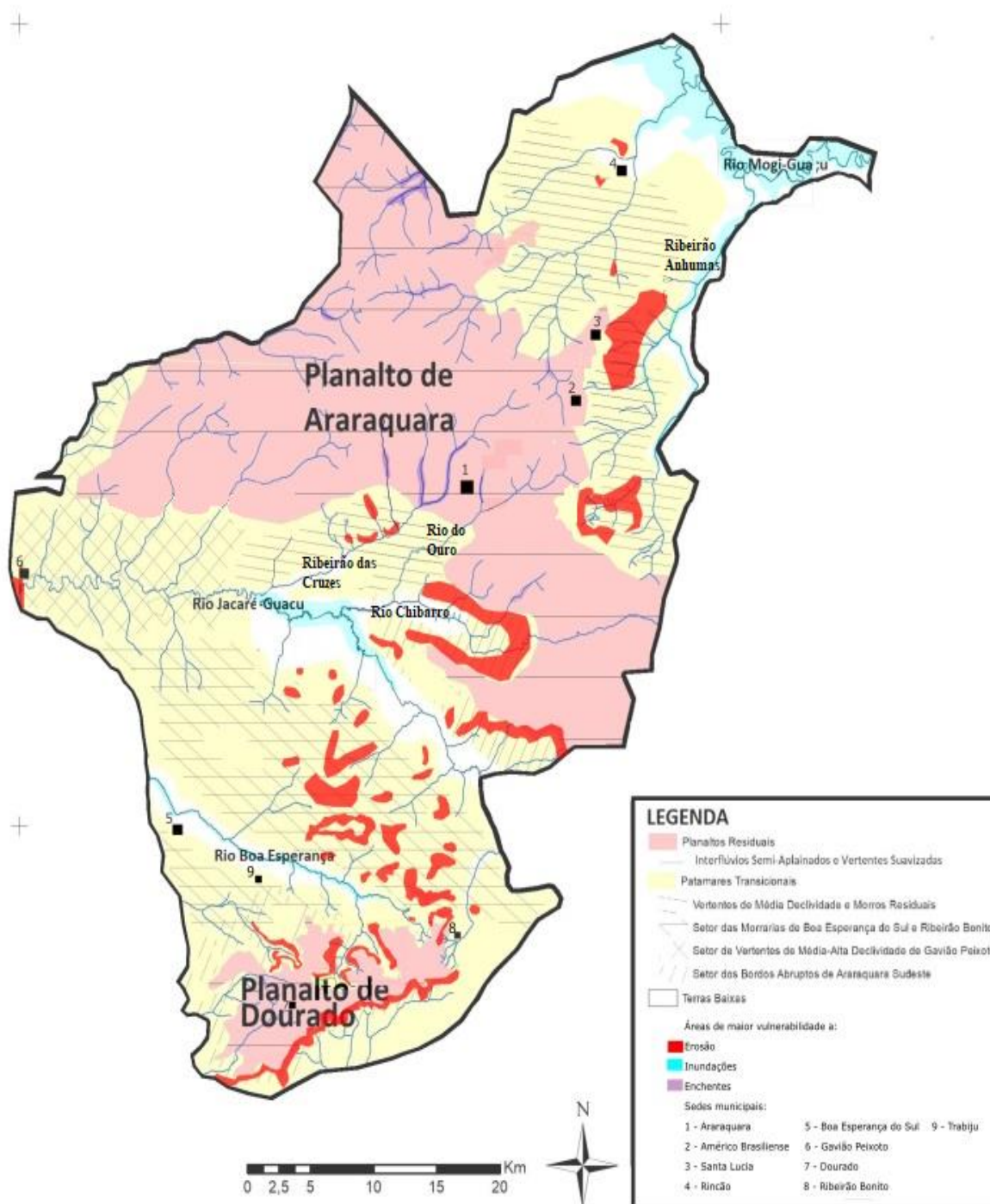


Figura 7 – mapa de compartimentos de relevo e áreas de maior vulnerabilidade ambiental da região de Araraquara

Tabela 4 – características principais dos compartimentos de relevo (Cheliz, não publicado)

Compartimento	Principais características	Potencialidades	Vulnerabilidades	Usos históricos relevantes
Planaltos Residuais – Terras Altas	Terrenos elevados (600-720 m) associados a Coberturas Arenosas Indivisas e rochas básicas, caracterizado por sucessão de vales fluviais alternando vertentes de declives usualmente brandas, fundos de vale (600-630 m) estreitos e interflúvios semiaplainados (670-720 m) vinculados a declives brandos	Amplas áreas de terrenos planos, fontes de água superficial e subterrânea	Baixas. Segmentos específicos dos fundos de vale mostram-se vulneráveis a enchentes urbanas e assoreamento. Segmentos das vertentes nas cabeceiras mostram-se vulneráveis a erosão	Áreas ocupadas preferencialmente pelos primeiros núcleos urbanos regionais e povoados de suporte rural durante o período cafeeiro, bem como onde se deu majoritariamente a expansão urbana-industrial da região, sobretudo desde a segunda metade do século XX.
Patamares Transicionais	Terrenos de altitudes predominantemente intermediárias (530-640 m), associados a arenitos e rochas básicas do Grupo São Bento, vinculados a vales fluviais de fundos estreitos, vertentes de declives entre médias e altas	Amplas faixas de solos férteis (latossolos derivados de rochas básicas) nas cotas mais altas, fontes de energia mecânica e elétrica potencial na forma de quedas de água de dezenas de metros, média disponibilidade de fontes de água superficiais e elevada de águas subterrâneas	Médias. Maiores declives e presença de materiais geológicos mais facilmente desagregáveis (e.g. – arenitos) vinculam-se a maior vulnerabilidade a erosão, sobretudo em segmento que associam-se tais rochas a declives localmente mais obtusos ou em que mostram-se presença de feições de relevo associadas a canais bordejados por vertentes semi-verticais	Segmentos dos Patamares Transicionais próximos aos limites com Planaltos Residuais foram onde se instalaram a maior parte das fazendas pioneiras da região.
Terras Baixas	Terrenos de baixas altitudes (480-530 m) e declives, associados predominantemente a sedimentos arenosos de fundo de vale, vinculados a amplas planícies aluviais e vertentes de declives brandos	Amplas extensões de terrenos semi-aplainados, alta disponibilidade de águas superficiais	Médias. Apresenta amplas extensões vinculadas a inundações periódicas, e outras tantas vulneráveis a enchentes e a assoreamento.	Não visadas intensamente nas fases iniciais da ocupação regional. Com esgotamento das áreas agrícolas dos outros compartimentos, passou a ser usada sobretudo como áreas de pastagem e mesmo plantações (arroz e, num segundo momento, cana-de-açúcar)

Tabela 5 - Sumário dos Atributos dos Quadros de Relevo das Terras Altas (Cheliz, 2016 e não publicado)

Planaltos Residuais e Terras Altas de Araraquara

Atributos Principais

Alternância de vertentes suavizadas mescladas a rochas básicas nos fundos de vale e coberturas arenosas indivisas em meia e alta encosta, e nos divisores aplainados e/ou semi-aplainados dispostos predominantemente entre as cotas 600-720 m. Solos e mantos de alteração profundos (>10m), e afloramentos rochosos pouco comuns.

Subconjuntos de unidades morfológicas

Planalto de Dourado	Diminutos interflúvios elevados principais de alinhamento W-E (700-730m), vertentes suavizadas (650-700m)
Planalto de Araraquara	Interflúvios elevados principais (680-720m) de alinhamento W-E, interflúvios secundários (660-680m) de alinhamento NE-SW e N-S, vertentes suavizadas (600-680m), fundos de vale (600-630 m)

de água entre as bacias dos rios Jacaré-Guaçu e Mogi-Guaçu.

No Planalto de Dourado, os interflúvios mais elevados mostram-se com menor continuidade em planta, e com alinhamentos

longitudinais mais expressivos que os latitudinais. Apresentam-se caracterizados por altitudes ligeiramente (<20m) mais elevadas do que as do Planalto de Araraquara. Mostram-se ali também mais fragmentados, e bordejados por vertentes

suavizadas de menores extensões horizontais que as do Planalto de Araraquara, ou limitadas diretamente pelo adjacente compartimento dos Patamares Transicionais.

Potencialidades e exemplos de usos dos Planaltos Residuais na trajetória de ocupação regional

Os Planaltos Residuais, por apresentarem amplas extensões contínuas de terrenos de declives brandos, apresentam-se propícios, em sua maior parte, para a alocação de expansão urbana. De fato, áreas próximas ao limite entre os interflúvios semi-aplainados e vertentes de declives suavizados do Planalto Residual foram escolhidas para instalação das primeiras edificações que viriam a compor o núcleo inicial da então vila de Araraquara entre o fim do século XVIII e início do século XIX (e.g – primeira capela, pequenas edificações para moradia e estocagem de alimentos), próximas de onde hoje situam-se a Igreja Matriz de Araraquara (Correa, 2002; Souza, 2004; Françoso, 2015). A área em questão mostrava-se relativamente elevada (~20 m) em relação ao canal fluvial de fundo de vale mais próximo (Córrego da Servidão), de maneira que preservava os pioneiros locais de efeitos insalubres de eventual proximidade de tal fonte de umidade (figuras 8, 9, 10 e 11A e 11B).

Com a ressalva, porém, de que ao menos até 1885 a vertente do entorno da Matriz era transposta por um pequeno canal fluvial, que inicialmente constituía fonte de água potável e que posteriormente foi aterrado por queixas quanto a seu possível papel em estimular a ocorrência de doenças (Françoso, 2015). Simultaneamente, o ponto escolhido situava-se a uma distância horizontal pequena (~500 m) do citado Córrego da Servidão, mais volumoso que o pequeno canal que bordejava a Igreja Matriz, o que facilitava o eventual acesso a água para consumo próprio e para animais. Françoso (comunicação verbal) considera ainda a possibilidade de que o quadrilátero da Matriz ter sido alocado em meio a compartimento de relevo vinculado a cumeadas de altitudes da área e estrategicamente bem-posicionado no contexto do meio físico regional poderia ser também uma expressão e demonstração do poder político e religioso que tal área de ocupação inicial pretendia projetar sobre as vindouras.

Nestas mesmas vertentes suavizadas que bordejam o fundo de vale do Córrego da Servidão é que se instalaram importantes infraestruturas de suporte a expansão da ocupação do período cafeeiro entre o fim do século XIX e início do

século XX, tal como a estação ferroviária, os primeiros trilhos de trem, e o pátio de manobras férreas (figuras 9 e 10A). O bairro dos trabalhadores ferroviários (Vila Xavier), por sua vez, foi alocado em vertentes e terrenos de declives mais salientes do que a do quadrilátero da Matriz, e situados na margem oposta do Córrego da Servidão (figuras 8, 9 e 10). Esta instalação dos trabalhadores da ferrovia em áreas de, relativamente, menos favoráveis atributos do meio físico e simultaneamente próxima a seus locais de trabalho se mescla a uma divisão socioespacial e territorial que se estabeleceu então e vigorou por longo período (Correa, 2008; Souza, 2002). Nela, a via principal de ligação entre o bairro dos trabalhadores ferroviários e a área no entorno do quadrilátero da matriz era a rua que cruzava o pequeno túnel (figuras 9, 12D e 12F) abaixo da estação ferroviária, marcando a separação entre “as duas Araraquaras” - aquela situada nas vertentes mais íngremes a leste dos trilhos, onde viviam os trabalhadores da linha férrea, e aquela situada nas mais suaves vertentes e interflúvios a oeste dos trilhos, onde instalaram-se as sedes dos poderes políticos, econômicos e religiosos locais (Teralolli, 1977; Correa, 2008).

Os terrenos semi-aplainados que emolduram e circundam as vertentes do vale do Córrego da Servidão em que se instalou o núcleo inicial da cidade de Araraquara (e.g – quadrilátero da matriz, estação ferroviária e Vila Xavier), por sua vez, foram escolhidos para instalação de importantes fixos de apoio a intensificação da urbanização que se deu no Planalto ao longo do século XX (figuras 8, 9, 10E e 10F). Neles foram construídos a Estação de Tratamentos de Água de Araraquara em 1948 e a garagem e oficina da Companhia Troleibus de Araraquara em 1959 (Figuras 8 E 9), bem como importantes vias arteriais de circulação urbana (e.g – Avenida Bento de Abreu que, a semelhança da avenida Paulista em São Paulo, também se sobrepôs a um alongado segmento de terrenos de declives brandos numa área de cumeada local, no entorno das quais foram erguidos os casarios de uma parte da elite econômica regional) – figuras 9 e 10E.

Tais estruturas instalados nestes terrenos semi-aplainados contribuíram com o suporte necessário para que a mancha urbana de Araraquara, depois de se consolidar sua presença nas altitudes intermediárias e baixas do vale do Córrego da Servidão e galgasse altitudes maiores e alcançar os terrenos elevados e planos que o

circundavam, passasse novamente a voltar-se com maior intensidade para menores altitudes, ao incorporar os terrenos das vertentes suavizadas dos vales fluviais adjacentes (e.g – vale do Ribeirão das Cruzes, a oeste e norte) ao longo do século XX.

O posicionamento da estação de tratamento de águas (figura 9 e 10E) nestes terrenos aplainados elevados (e.g - 710 m) que delimitavam e separavam os distintos vales fluviais facilitava com que ela proveesse abastecimento hídrico tanto para as novas áreas formadas nos novos vetores de ocupação urbana (e.g – bairros de Santa Angelina e Quitandinha) nas vertentes contíguas ao vale do Ribeirão das Cruzes, quanto para a área de ocupação inicial no vale do córrego da Servidão, situadas ambas em terrenos mais baixos (680-600 m) que os da própria estação de águas.

A vinculação com este alinhamento de terrenos planos e elevados da Garagem da Companhia Troleibus de Araraquara e da avenida arterial Bento de Abreu facilitava no início das manhãs a rápida dispersão dos ônibus elétricos, cujos ramais principais por vezes se mostravam sobrepostos ou paralelos aos alinhamentos dos interflúvios que circundam o córrego da servidão (figura 9) e os secundários perpendiculares a eles. Desta maneira num primeiro momento os troleibus concentravam-se seus deslocamentos ao longo das avenidas arteriais sobre os interflúvios elevados (cujos declives diminutos exigiam um menor consumo de energia para o deslocamento dos veículos), para num segundo momento se dispersarem em meio as vertentes adjacentes. Permitindo, assim, tal associação das vias de circulação e do relevo aumentar a velocidade e agilidade de circulação diária inicial dos habitantes locais, sobretudo do deslocamento dos trabalhadores residentes nos novos bairros situados ao longo das vertentes do vale fluvial do Ribeirão das Cruzes (e.g – Santa Angelina) até as indústrias (e.g – Lupo e Nigro) vinculadas a área de ocupação inicial do adjacente vale do córrego da Servidão.

Igualmente, foram em interflúvios semi-aplainados semelhantes ao supracitado mas distanciados entre 7 e 20 km dos da área urbana original de Araraquara que se instalaram algumas das estações de trem que acompanharam a expansão da ferrovia para norte em meio aos Planaltos ainda no fim do século IXX, em torno dos quais se consolidaram os núcleos de ocupação de Américo Brasiliense (1891) e Santa Lucia (1892), que atuaram cada qual deles como pontos nodais de suporte e articulação de vida rural e novos conjunto

de fazendas cafeeiras entre o final do século XIX e o início do século XX (figura 8 e 10B) e, mais tarde (e.g - segunda metade do século XX), foram locais preferenciais para intensa alocação de migrantes vindos do Paraná e Nordeste para trabalhar na expansão dos canaviais (Cheliz, 2011; Almeida, 2020).

Foram, ainda, em similares interflúvios semi-aplainados distantes entre 1 e 3 km da cidade pré-existente de Araraquara que se instalaram os núcleos originais de bairros majoritariamente de trabalhadores (e.g – Cecap e Vale do Sol) das indústrias transferidas para o citado município na desconcentração industrial paulista e/ou de migrantes vindos com a mecanização do campo a partir, sobretudo, de 1970. Por vezes, inclusive, instalados em áreas tão afastadas da cidade já existente e tão mais próximas de matas de cerrados da zona rural que seus moradores mais antigos lembram de nos anos iniciais dos bairros ser comum visualizarem e conviverem com animais silvestres (e.g - lobos-guaras, antas e veados) pelas ruas (Cheliz, 2011).

Vertentes suavizadas que separavam tais novos bairros da área urbanizada pré-existente foram somente incorporadas posteriormente a mancha urbana (Cheliz, 2011), e algumas delas (usualmente as mais íngremes – tal como a situada entre o Vale do Sol e o Ribeirão das Cruzes, que até pouco tempo era recoberta por pastagem e belos ipês amarelos, que recentemente deu lugar a obras de grande condomínio horizontal fechado) deixadas sem serem recobertos pela mancha urbana mais longamente. Trata-se de dinâmica (Gonçalves, 2005; Pierini e Falcoski, 2019) semelhante ao que ocorre atualmente, sobretudo, na zona norte da cidade (e.g – área do Grande Selmi-Dei – figura 10C e 11B, e 14, e Menzori e Falcoski, 2016) e ao processo chamado de “Saltação Urbana” (Ab`Saber, 2004), onde as áreas situadas a meio caminho entre manchas urbanas pré-existentes e as novas têm seus preços valorizados pela passagem próxima de redes de energia elétrica, água e avenidas (Cheliz, 2011 e 2016; Falcoski, 2013; Menzoni, 2018; Menzori et al. 2021), e gerando em paralelo uma série de dificuldades para as populações instaladas em locais distantes da porção anteriormente existente da cidade.



Figura 8 – composição com fotografias e perfil geológico mostrando alternância entre as duas principais unidades de relevo dos Patamares Transicionais: vertentes predominantemente suavizadas, e interflúvios semi-aplainados. No perfil, em vermelho mostram-se afloramentos de rochas ígneas básicas, e em bege as Coberturas Arenosas Indivisas. Adaptado de Cheliz (2016), incorporando fotografia aérea de André Amaral, fotografias próprias, fotografias de João Ferraz e de autor desconhecido.

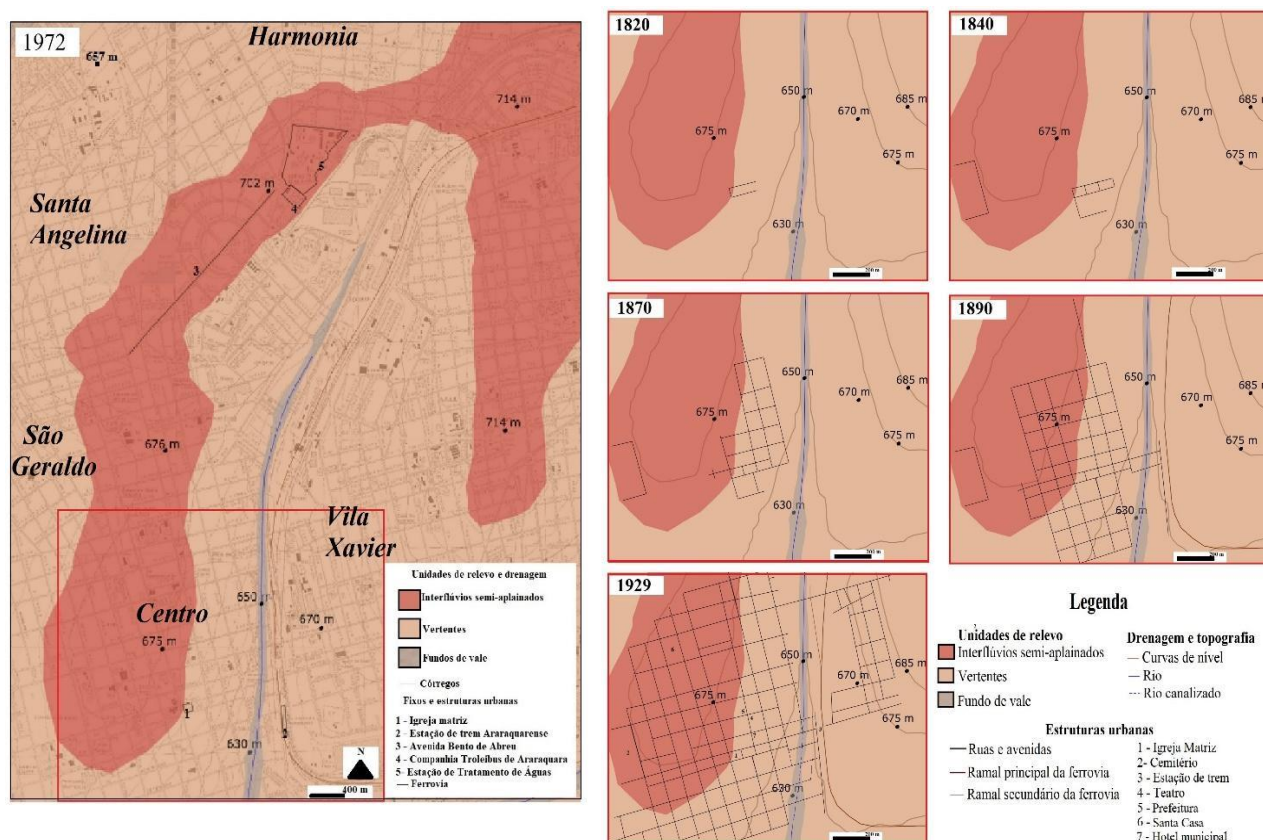


Figura 9 – A esquerda, compartimentação de relevo de detalhe de segmento dos Planaltos Residuais versus traçado viário e fixos urbanos de apoio aos processos de urbanização de Araraquara, maior município regional. A Em vermelho, área de ocupação histórica inicial da cidade, no entorno do Córrego da Servidão. A direita, detalhamento da área de ocupação histórica inicial ilustrando incorporação do relevo ao longo da expansão urbana primordial ao longo do tempo. A parcela de detalhe encontra-se disposta no entorno da sede municipal de Araraquara (prefeitura), cuja localização em meio a área de Araraquara pode ser vista na figura 7. Fonte: elaboração própria, a partir de mapa topográfico do Igc (2020), dados de campo e plantas do arquivo da prefeitura municipal de Araraquara, de autorias desconhecidas.

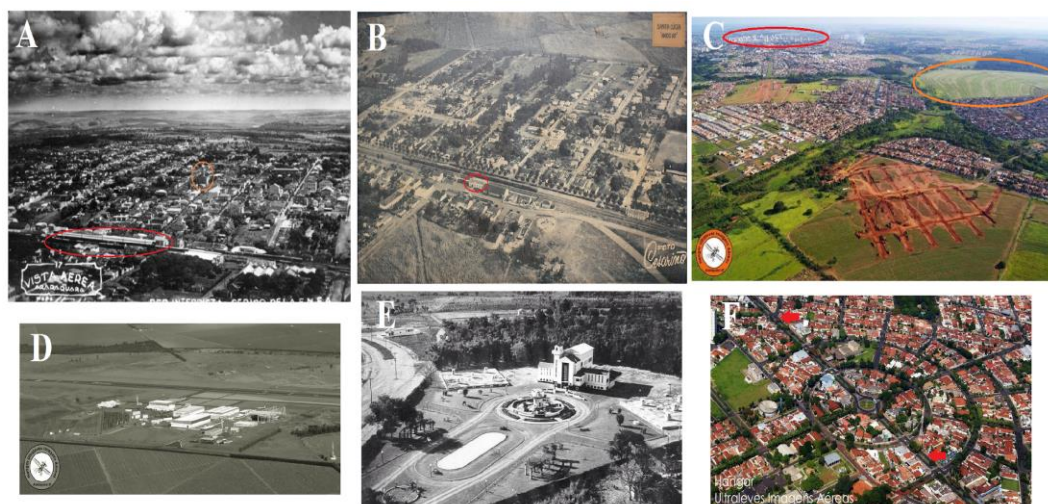


Figura 10 - A: vista aérea de Araraquara no final do século 19, mostrando a área inicial de ocupação (Centro e Vila Xavier) inserida nas vertentes suaves e interflúvio que emolduram o Córrego da Servidão (Françoso, 2015). Círculo vermelho mostra a estação ferroviária, e o laranja evidencia o Quadrilátero da Igreja Matriz. B:

fotografia aérea da cidade de Santa Lucia, que se insere entre os núcleos de suporte rural instalados em interflúvios dos Planaltos cuja ocupação foi intensificado no fim do século XIX, com a expansão das ferrovias. Em vermelho a estação ferroviária; D: locais de expansão e vazios urbanos (e.g – área evidenciada por círculo laranja) dos Planaltos na zona urbana norte de Araraquara, no entorno do Ribeirão das Cruzes, mostrando em primeiro plano traçados viários estirando a cidade ainda mais para norte/ em segundo plano, a esquerda, o bairro Selmi-Dei , e em terceiro plano área de ocupação inicial (círculo vermelho) de Araraquara; D: pista de testes de aviões da Embraer, instalada sobre os interflúvios semi-aplainados dos Planaltos; E: Estação de Tratamento de Águas de Araraquara, instalada num dos interflúvios apainados do Planalto; F: avenida arterial Bento de Abreu (setas vermelhas), uma das principais vias arteriais da cidade de Araraquara, que se distribui sobreposto ao alinhamento de um dos interflúvios elevados semi-aplainados de Araraquara. Fonte: adaptado de imagem resgatada por Françaço (2015), fotografias aéreas de André Amaral e imagens de autores desconhecidas retiradas do acervo das prefeituras municipais de Araraquara e Santa Lucia.

Mais recentemente (2001), foram também nestes terrenos elevados de interflúvios vinculados a declives brandos que se instalaram a pista de testes e fábrica de aviões da Embraer em Gavião Peixoto (figura 10D), reforçando o caráter estratégico que tais feições de relevo desempenharam nas diferentes fases da ocupação regional.

Vulnerabilidades e impactos ambientais associados dos Planaltos Residuais

Alguns dos segmentos dos fundos de vale dos Planaltos Residuais, sobretudo os de menores declives, a depender do grau de impermeabilização dos solos que venham a ser submetidos as áreas dos entornos, apresentam potencial para apresentarem enchentes por ocasião de chuvas de maior intensidade (figura 6, e tabelas 2, 6 7, e 11). Consideramos que contribuem para tal vulnerabilidade: 1 – a baixa permeabilidade das rochas ígneas básicas que associam-se a tais fundos de vale (figura 5 e tabela 1; Meaulo, 2007; Cheliz, 2016); 2 – o contraste entre os mais elevados declives das vertentes em parte de seus trechos terminais (>7 graus de inclinação), quando comparados aos menores declives dos fundo de vale (<5 graus) – figura 8, o que contribui para que durante as chuvas chegue num mesmo intervalo de tempo um volume maior de águas fluindo através das vertentes do que o fundo de vale é capaz de escoar de imediato; 3 – os desníveis topográficos verticais locais relativamente elevados (40-120 metros) entre os fundos de vale e as cotas mais elevadas das áreas que drenam para eles – figuras 8 e 9, o que contribui para que as águas em deslocamento tenham uma relativamente elevada energia potencial e, conseqüentemente, possam alcançar uma elevada energia cinética e velocidade até atingirem os fundos de vale; 4 – o caráter relativamente confinado dos fundos de vales fluviais locais nos seus trechos de menores

altitudes, de maneira que convergem águas originadas do escoamento superficial vindos de áreas de cerca de até 7 km² em fundos de vales estreitos, onde canais mostram-se bordejados por vertentes relativamente íngremes em seus trechos terminais situadas não mais do que 30 metros de distância horizontal deles (figuras 8 e 9); 5 – a existência de áreas de entroncamento de diferentes canais de fundo de vale que formam ângulos próximos a 90 graus entre si, de maneira que em momentos de escoamento caudaloso por ocasião de grandes chuvas tais convergências possam localmente obstruir parcialmente e temporariamente o fluxo das águas (figura 7).

De fato, temos exemplos concretos em que tal vulnerabilidade se converteu em impacto ambiental, nas recorrentes enchentes urbanas que afetam o fundo de vale do Córrego da Servidão (figura 9) no município de Araraquara (figuras 11, 12 e 13). O referido córrego foi canalizado e sobreposto por uma avenida arterial (Avenida Maria Antônia, chamada comumente de “Via Expressa” – figura 11) de fundo de vale, que veio a se tornar uma das principais vias de circulação norte-sul da cidade (Souza, 2002), e para a qual converge a maior parte do escoamento superficial das áreas urbanas municipais locais (figura 11). Ao menos desde meados dos anos 2000 o nível de impermeabilização na área que drena para tal fundo de vale passou a contribuir para a ocorrência de enchentes urbanas no local por ocasião das chuvas mais intensas, sobretudo no verão (figuras 7, tabelas 2, 6 e 7). Igualmente, também contribui para tal ocorrência de enchentes a expansão da ocupação urbana que drena para o fundo de vale do Rio do Ouro, canal fluvial no qual o Córrego da Servidão desagua e com o qual faz um ângulo em planta próximo a 90 graus (figuras 8 e 11). Cálculos conservadores mostram que o volume de água recebido por ocasiões de chuvas de 20 mm em uma

hora excede largamente a capacidade de escoamento deste fundo de vale (tabela 6), ao passo em que algumas das enchentes que ocorrem no local se deram em dia com registros de total diário de precipitação mínimo de 40 mm, e com alguns deles, porém, superiores a 60 mm (tabela 7).

Algumas das enchentes que ocorreram no local mostram-se associadas a formação de volumes de água cujo topo situa-se mais de 2 metros acima da altitude dos terrenos locais, conforme registros fotográficos (figura 12C e 13).

Ainda que os fundos de vale afetados pelas enchentes ao longo deste fundo de vale tenham reduzido uso para habitação (IBGE, 2020) – mostrando-se nisso coerente com os apontamentos de Guerra (2020), de que não necessariamente áreas de maior ocorrência de enchentes irão coincidir com locais de maior densidade habitacional ou vulnerabilidade socioespacial – elas inviabilizam temporariamente o uso ou restringem o acesso a fixos de grande centralidade

para a vida diária da cidade de Araraquara, tal como o terminal de integração de ônibus, a UPA central, e a própria avenida arterial superimposta ao fundo de vale, impossibilitando momentaneamente o uso da principal via de deslocamento entre as zonas norte e sul do supracitado município. Tais recorrentes fluxos hídricos envolvem uma quantidade (figura 12) e energia tão acima da capacidade da galeria subterrânea local (tabela 6) que levanta-se dúvidas sobre riscos (e.g – formação de possíveis fissuras nas galerias e dutos, que levariam a encharcamento e diminuição da resistência mecânica dos solos locais, e posterior colapso parcial de construções) a integridade de parte das estruturas supracitadas em especial do Terminal de Integração de Ônibus – alocado suspenso sobre a Via Expressa, e cujas instalações foram construídas originalmente para serem local de espera para embarque da antiga rodoviária local, com os ônibus então circulando majoritariamente abaixo delas (Cheliz, 2011).

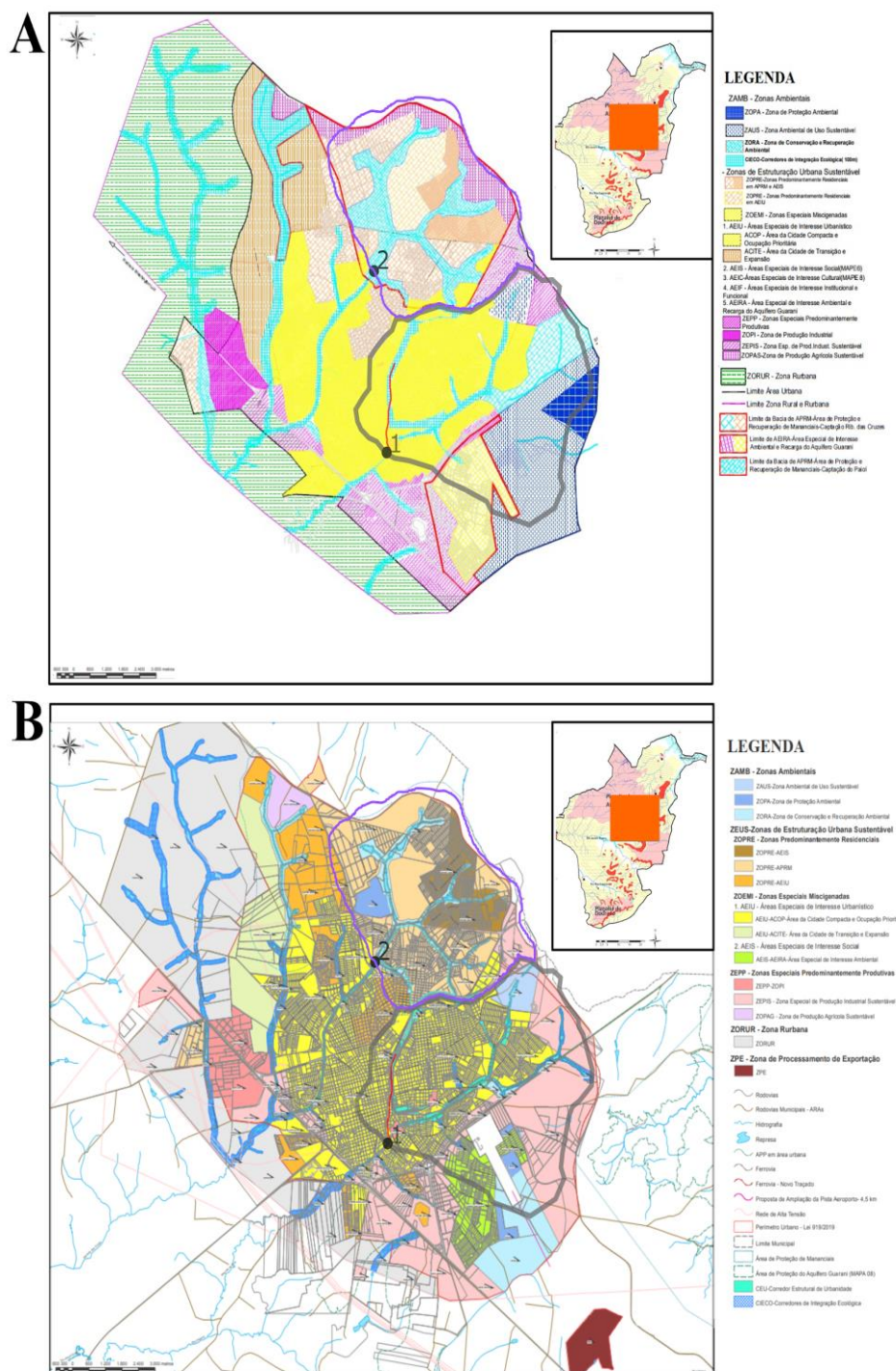


Figura 11 – Sobreposição entre os zoneamentos propostos pelos Planos Diretores de 2005 (A) e 2014 (B) de Araraquara, que abrangem um segmento da região (destacada por retângulo laranja no mapa de localização no canto superior direito majoritariamente vinculado aos Planaltos Residuais). com áreas que drenam para pontos onde se registram impactos relevantes de enchentes e assoreamento. O ponto de convergência da drenagem da Via Expressa e do Rio do Ouro é representada pelo círculo negro indicado por “1”, a área de drenagem para tal ponto é indicada por polígono cinza que transpõe o círculo “1”, e o traçado da Via Expressa mais recorrentemente afetado por enchentes pelo traço vermelho que transpõe o círculo 1. A represa da captação de águas é representada por círculo negro indicado por “2”, e área de drenagem para tal ponto indicada por polígono roxo que transpõe o círculo “2”.



Figura 12. A: A: Rio do Ouro, para o qual águas do Córrego da Servidão escoam, com fluxo das águas intensificado após chuvas durante o mês de Fevereiro de 2013; B: boca de lobo em ponte do rio do Ouro, com fluxo das águas intensificada após chuvas durante o mês de Fevereiro de 2013; C: enchente na Via Expressa, em trecho próximo ao terminal de integração, em 18 de Março de 2017, dia em que se registrou até 64 mm de chuvas diárias (DAEE, 2021); D: escoamento superficial das águas no túnel abaixo da estação ferroviária, por ocasião de chuvas de Fevereiro de 2013, E: escoamento superficial de águas durante chuva no verão de 2013 em uma das ruas que drenam para a Via Expressa, na vertente a oeste da supracitada avenida, F: pedestres isolados em passarela contigua ao túnel da estação ferroviária, durante enchente do verão de 2013; G: danos registrados no asfalto da Via Expressa, após enchentes que se deram no dia anterior, em Fevereiro de 2014; H: alagamento na Via Expressa, em fevereiro de 2013, I: alagamento na mesma via, em Fevereiro de 2014. Fonte: compilação de imagens do portal Araraquara, administrado pelo primeiro autor.



Figura 13. A: trecho da via expressa em Fevereiro de 2013, sem a ocorrência de chuvas e enchentes, B: mesmo trecho da Via Expressa e no mesmo mês e ano, durante enchente. Fonte: adaptado de foto de Danilo Soares e acervo do Portal Araraquara, administrado pelo primeiro autor.

Contribuiria, ainda, para se amenizar os impactos futuros de enchentes se a expansão das manchas urbanas do Planalto não permanecerem sendo predominantemente direcionadas para norte da sede municipal de Araraquara, como se realiza atualmente, conforme também anteriormente caracterizado por Cheliz (2011); Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013), Menzori (2018) e Camargo et al. (2021). A intensificação da ocupação de tais áreas leva a impermeabilização de vertentes e interflúvios das cabeceiras de drenagem situadas em altitudes mais elevadas (>670m) – figuras 2 e 3, contribuindo para um maior escoamento superficial de águas dotadas de maior energia potencial e, conseqüentemente, que poderão atingir velocidades maiores ao chegar aos fundos de vale dos Planaltos Residuais.

Em contraposição, terrenos do planalto situados a oeste da sede municipal de Araraquara apresentam áreas que não só estão associados a menores altitudes e declives do que as situadas a norte, como suas drenagens voltam-se para outros fundos de vale que não o que atualmente já recebe um volume de águas muito maior do que é capaz de escoar por ocasião das chuvas mais fortes (figuras 11 e 12). Esta opção levaria também a evitar a expansão de Araraquara para as direções sul e oeste, vinculadas as maiores vulnerabilidades ambientais associadas ao compartimento dos Patamares Transicionais (vulnerabilidades erosivas acentuadas e de contaminação do Aquífero Guarani). Tal escolha também se justificaria por

atenuar o processo de conurbação entre Araraquara e Américo Brasiliense, e evitar que algo semelhante venha a ocorrer futuramente entre Américo Brasiliense e Santa Lucia (figura 7). Igualmente, tal opção amenizaria a tendência atual das manchas urbanas combinadas de Araraquara, Américo Brasiliense e Santa Lucia mostrarem-se mais largas no eixo Norte-Sul do que no Oeste-Leste, o que pode contribuir para criar distorções e dificuldades para deslocamento da população, problemas de trânsito e distâncias excessivas dos novos bairros a equipamentos urbanos previamente existentes, como também destacado por Cheliz (2011); Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013), Menzori (2018) e Camargo et al. (2021).

A retirada total dos trilhos de trem (figura 9) paralelos a Via Expressa que se aventa sucessivamente fazer diante da construção do novo anel ferroviário a leste da cidade pode também ser um fator a agravar o problema local das enchentes, na medida que – a depender do novo uso que se dê ao atual local dos trilhos – implicaria em criar uma torrente significativa adicional de água que incidiria em pouco tempo (<5 minutos) sobre a já saturada Via Expressa. Adicionalmente, a conservação mesmo que parcial dos trilhos ainda que sem manter a passagem de trens de carga permitiria futura implantação de veículos leves sobre trilhos – tal como defendido por Chediek (2013) – aproveitando os traçados férreos já existentes alinhados com os interflúvios do Planalto para atenuar agravamentos do trânsito, decorrentes do supracitado estiramento norte-sul das manchas urbanas das cidades do Planalto, do caráter estreito (<6m) da maior parte das ruas e avenidas locais, a relativa raridade de avenidas arteriais mais amplas e largas (e.g – Mauricio Galli) alinhadas próximas da direção N-S, e da grande mobilidade diária de populações dos crescentes bairros da zona norte de Araraquara e das cidades setentrionais do Planalto (que deixaram de serem majoritariamente pontos de articulação da vida rural de uma população majoritária antes dispersa nas fazendas nos seus entornos, para tornarem-se em parte cidades dormitórios de Araraquara) para porções meridionais do supracitado principal centro urbano regional, conforme previamente também destacado por Cheliz (2011) e Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013).

Tabela 6 – Escoamento superficial de águas por ocasião de uma precipitação de 20 mm/hora no Cenário A (formas de uso praticadas em 2013) e B (formas de uso permitidas pelo PD de 2014 aplicadas plenamente)

	Cenário A	Cenário B
Escoamento de águas superficiais direcionadas para Via Expressa	104530 metros cúbicos por hora	135890 metros cúbicos por hora
Capacidade de escoamento da Galeria Subterrânea da Via Expressa	72360 metros cúbicos por hora	

Fonte: adaptado de Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013)

Tabela 7 – Datas de algumas das ocorrências de enchentes na Via Expressa, e precipitações diárias associadas

Data da enchente	Precipitação diária (mm)
23/01/14	Até 68,4 mm
16/02/14	Até 105,1 mm
04/11/14	Até 56,5 mm
12/01/17	Até 101,5 mm, chuva mais intensa durou 40 minutos, de acordo com corpo de bombeiros
31/01/17	Até 45,3 mm
18/03/17	Até 64 mm
07/04/17	Até 81,2 mm, de acordo com defesa civil, 70 mm teriam sido em 3 horas

Fonte: adaptado de dados de pluviômetro instalado no DAAE

As recorrentes enchentes da Via Expressa mostram-se como alerta de impactos ambientais que podem vir futuramente a ocorrerem com intensidade similar também em outros fundos de vale dos Planaltos Residuais, tal como no Ribeirão das Cruzes, cujos entornos têm experimentado expressivo aumento da urbanização e impermeabilização dos solos (Cheliz, 2011; Menzori, 2018). De fato, já se registra enchentes em segmentos do supracitado fundo de vale por ocasião das chuvas mais fortes, mas não, por enquanto, com intensidades similares que as da Via

Expressa. Apresenta-se, ali, todavia, potencial para enchentes futuras possivelmente mais impactantes com aumento da porcentagem de impermeabilização deste vale (hoje menor do que a da área que drena para Córrego da Servidão e Via Expressa), haja visto não somente a maior área de drenagem, mas sua disposição e sobreposição com estruturas de circulação não somente intra-urbana, como também inter-urbana. Ressaltando-se, no sul do perímetro urbano de Araraquara e adjacente a Rodovia Washington Luiz, de entrocamento com ângulo próximo de 90 graus do Ribeirão das Cruzes e afluente (Córrego Águas do Paióis) que também cruza o perímetro urbano de norte a sul (figuras 7 e 11). De maneira que a repetição nos vales destes canais de padrões de impermeabilização e urbanização semelhantes aos da área do Córrego da Servidão e Via Expressa podem levar a enchentes de intensidade similar que podem afetar a supracitado importante via de circulação estadual

A fim de atenuar tal cenário, seria pertinente evitar que o modelo de avenida arterial sobreposta a canal fluvial implantado no Córrego da Servidão e Via Expressa fosse replicado nos demais fundos de vale dos Planaltos Residuais, bem como adotar medidas mitigadoras – tais como as recomendadas por Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013).

Destacamos também que o estabelecimento de parâmetro máximo de impermeabilização dos solos na área que drenam atualmente para a Via Expressa, já saturada em sua capacidade de escoamento, poderia ser visto com restrições, afim de buscar evitar agravar excessivamente o problema atual. Neste sentido, revisões de decisões como a do Plano Diretor de Araraquara de 2014 (lei complementar 850, de 2014) que ampliou em até 300% os patamares máximos de impermeabilização máximo de uma parcela das áreas que drenam para os Córregos da Servidão e de sua foz no Ribeirão do Ouro em relação ao plano diretor anterior de 2005, poderiam contribuir para atenuar o agravamento de tais impactos (Cheliz, Oliveira e Ladeira, 2013; Falcoviski, 2013; Cheliz, 2014) – figura 11, e tabela 8. Dentre as mudanças de zoneamento e índices de permissão de uso de solo que poderiam ao menos serem revisadas parcialmente, ressalta-se como potencialmente grave para agravar o quadro de enchentes a substituição de áreas de proteção ambiental do Plano Diretor de 2005 que previam índices de coberturas vegetal mínimos acima de

50% (ZAUS e ZOPAS) e permitiam ocupação abaixo de 20% em vastas áreas a leste da área de drenagem que corre para a via expressa por um novo distrito industrial (ZEPIS) proposto no Plano Diretor de 2014, que permite ali índice de ocupação de 60% e índice de cobertura vegetal de apenas 15% (figuras 11 e 19; e tabela 8).

Algumas áreas situadas contíguas aos canais que seccionam os Planaltos Residuais (figura 7) apresentam, por sua vez, maior vulnerabilidade para erosão de seus solos nas vertentes, sobretudo se expostas a um maior volume de escoamento superficial e remoção de coberturas vegetais florestais. Tal vulnerabilidade se dá sobretudo em áreas onde ocorrem conjuntamente: 1 – trechos de vertentes localmente mais íngremes (>4 graus) que a média dos Planaltos Residuais, tais como em parte das cabeceiras das drenagens locais (figura 3) ou em alguma das vertentes assimétricas que cercam o Ribeirão das Cruzes (tal como a situada entre o Vale do Sol e Ribeirão das Cruzes -figura 8), 2 – afloramentos ou mantos de alteração ligados a Coberturas Arenosas Indivisas¹ que predominam nas vertentes das cabeceiras locais, mesmo em parte das cotas altimétricas mais baixas (figuras 2 e 4), e que são mais propensos a serem desagregados e erodidos do que as rochas ígneas básicas que usualmente prevalecem nos fundos de vale e baixas vertentes do Planalto de Araraquara (figura 5 e 8 e tabela 1; Meaulo, 2007; Cheliz, 2016).

De maneira semelhante, uma parte dos fundos de vale com canais fluviais contíguos a tais trechos de vertentes localmente mais íngremes das cabeceiras de drenagem do Planalto Residual mostram-se propícios a serem áreas de assoreamento, uma vez que apresentam declives mais brandos (<4 graus) do que dos terrenos mais obtusos que cercam o fundo de vale e do que alguns dos fundos de vale a montante. Eles tendem, assim, a serem os locais onde depositam-se e assentam-se

os sedimentos erodidos dos mais íngremes terrenos das vertentes adjacentes.

Observa-se exemplo de concretização de tais vulnerabilidades em impactos ambientais nas áreas de cabeceiras do Ribeirão das Cruzes, também no município de Araraquara, que chegam mesmo a prejudicar o funcionamento da represa da “Captação de Águas” usada para abastecimento hídrico da supracitada cidade (figuras 11 e 14). A expansão urbana nos entornos de tal represa se deu nas últimas décadas de maneira que impermeabilizou (incluindo tanto condomínios horizontais fechados quanto bairros populares vinculados a programas habitacionais como o “Minha Casa, Minha Vida”, acarretando um aumento de mais de 40% de áreas recobertas pela expansão da mancha urbana em detrimento de áreas de pastagem, de matas e áreas que no PD de 2005 eram reservadas a proteção ambiental entre 2006 e 2021 – figura 14; Cheliz et al. 2013; Oliveira, 2017; Cheliz, 2017 e Menzori, 2018) em vastas áreas adjacentes a algumas das vertentes de maiores declives associadas a Coberturas Arenosas Indivisas que bordejam o canal de fundo de vale local.

Em paralelo, no mesmo intervalo foram mantidas amplas extensões com solos expostos (algumas delas para as quais volta-se a drenagem superficial das áreas impermeabilizadas – figura 14G), com desníveis verticais locais por vezes de mais de 60 metros abrangendo os dois tipos de usos supracitados. Desta maneira, o maior escoamento superficial (tabela 9) criado pelo aumento das áreas de impermeabilização muitas vezes cruza vertentes com solos desnudos antes de chegar ao fundo de vale, contribuindo para a maior remoção de partículas e transporte desses materiais para a área da represa, como também destacado por Cheliz (2014) e Oliveira (2017).

Os fluxos de água superficial podem ali estarem não somente transportando material das vertentes, mas também erodindo sedimentos dos

1 Ressaltamos que pesquisas como a de Meaulo (2007) e Cheliz (2016 e não publicado) apontam que as coberturas sedimentares dos Planaltos Residuais, ainda que nos mapas geológicos estaduais sejam ligadas por inteiro a Formação Adamantina, são bastante diversificadas quanto a suas unidades geológicas, apresentam alta variedade espacial dos materiais constituintes, e uma parte deles são potencialmente vulneráveis a erosão. Desta maneira recomendamos fortemente que estudos geotécnicos rigorosos de maior detalhamento sejam feitos nos vazios urbanos sobrepostos a estas vertentes de maiores declives do Planalto de Araraquara (tal como aquela entre o Vale do Sol e Ribeirão das Cruzes que recentemente tem sido palco de obras de um grande condomínio horizontal fechado) que margeiam o Ribeirão das Cruzes antes de qualquer loteamento, bem como sejam construídos estruturas de dissipadores de energia

nos segmentos do terreno de maior gradiente de declives, e consideradas áreas de proteção ambiental e/ou outras áreas verdes adicionais associadas a espécies arbóreas tidas como eficazes em conter a erosão instaladas, sobretudo, na meia encosta e no limite das vertentes com interflúvios semi-aplainados e fundos de vales. A combinação de possíveis materiais geológicos mais frágeis, impermeabilização, declives localmente mais elevados dispostos continuamente em vertentes retilíneas e episódios pluviais de maior intensidade pode tornar esses locais palcos de significativos fenômenos erosivos, que podem vir a ameaçar em parte as próprias obras ali construídas. Igualmente, tais medidas poderão diminuir a velocidade do fluxo das águas superficiais antes delas chegarem ao fundo de vale, amenizando as chances de ocorrência de enchentes mais intensas nos fundos de vale do Ribeirão das Cruzes.

próprios fundos de vale dos afluentes locais do Ribeirão das Cruzes, e mobilizando-os para segmentos a jusante dos rios, tal como sugerem as numerosas feições erosivas - incluindo truncamentos de até 1,9 m de altura na continuidade do terreno próximas (<3m) aos canais dos afluentes, e sulcos de até 2 m de comprimento e 1 m de profundidade - que pudemos observar em trabalhos de campo nos supracitados córregos (figura 14), de maneira coerente com o anteriormente também documentado por Oliveira (2017). Contribui para tal processo as áreas de APPs não abrangerem por vezes as unidades das vertentes próximas aos rios, e se restringem na maior parte a se sobreporem a parte dos fundos de vale (figura 14), de maneira que chegam ali (áreas de recepção de fluxos – Tricart, 1977) sem dispersarem antes parte significativa da energia cinética que acumularam ao longo dos terrenos de maiores declives adjacentes. Igualmente, o aumento da impermeabilização desta área que drena para a Captação de Águas diminui a taxa de recarga do aquífero livre, levando por consequência a potencial diminuição do fluxo superficial do próprio rio, sobretudo nos períodos de estiagem, como também destacado pelo DAAE (2014).

Tais modificações de uso e fluxo de matéria e energia tendem a serem reforçadas, ainda, por mudanças no zoneamento urbano no município de Araraquara realizadas no PD de 2014, que flexibilizaram as permissões de uso de tal área, ampliando zonas de ocupação urbana caracterizadas por maiores índices de impermeabilização máxima sobrepostas a área de drenagem para a Captação de Águas e diminuindo ali a presença de áreas de proteção ambiental (figura 11 e tabela 8) anteriormente previstas no PD de 2005, como também apontado por Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013); Falcoviski (2013), Cheliz (2013 e 2014), Oliveira (2017) e Menzoni (2018).

As supracitadas mudanças vão em contrário a alertas feitos já por Aldo Benedito Pierri (superintendente do Departamentos de Águas de Araraquara entre 1970 e 2000) que recomendava que o uso dos solos das áreas cujas águas das chuvas escoam para o Ribeirão das Cruzes fossem alvos de cuidados especiais, para evitar que processos de assoreamento tais como os atuais ocorressem e comprometessem ao menos em parte a capacidade de abastecimento de água da represa. Preocupações similares foram também manifestadas posteriormente por outros, tais como Cheliz (2013), Oliveira (2017) e Leite (2017).

Tabela 8 - comparação entre o PD de 2014 e o de 2005, de alguns dos atributos de diferentes zoneamentos que drenam para fundo de vale da Via Expressa e/ou para a Captação de Águas do Ribeirão das Cruzes.

Plano Diretor de 2005				Plano Diretor de 2014			
Zoneamento	IO ¹	IP ²	ICV ³	Zoneamento	IO ¹	IP ²	ICV ³
ACOP	50%	20%	10%	AEIU-ACOP	60%	20%	10%
ZAUS	20%	70%	50%	ZEPIS	60%	20%	15%
ZOPA	10%	80%	60%	ZORA	20%	70%	50%
ZEEP	50%	20%	15%	-	-	-	-
ZORA	20%	70%	50%	ZOPA	10%	80%	60%
ZOPRE	20% a 50%	30%	20%	ZOPRE-APRM	60%	30%	20%

1 – Índice de Ocupação – porcentagem máxima do terreno em que se pode erguer construções, 2 – Índice de Permeabilidade – o mínimo que deve permanecer sem impermeabilização, 3 – Índice de Cobertura Vegetal

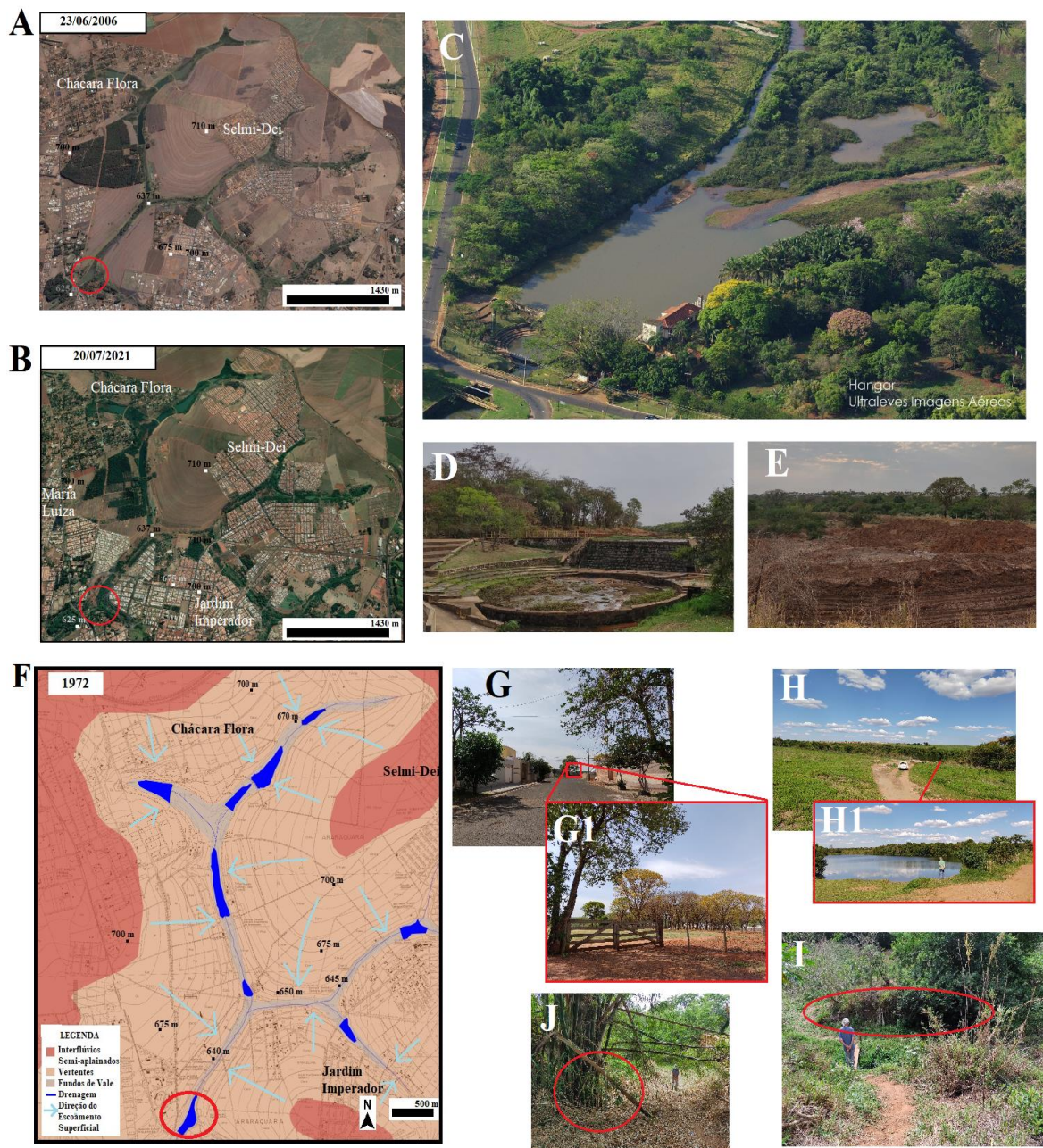


Figura 14 – A e B – detalhes de imagens aéreas adaptadas do software Google Earth ilustrando entornos da Captação de Águas (realçada pelo círculo vermelho, cuja mesma localização é representada pelo círculo 2 na figura 11) nos anos de 2006 e 2021, realçando avanço ali da expansão urbana e desmatamento; C: fotografia aérea da represa no início dos anos 2000 tirada pelo aviador André Amaral, D e E: fotografias tiradas pelo primeiro autor no ano de 2021, quando a combinação da estiagem e do intenso assoreamento contribuíram para baixa disponibilidade de águas do reservatório; F: sobreposição entre carta topográfica e de uso dos solos do Igc (2020), subunidades de relevo e drenagem (evidenciando sistema de represas ao longo do Ribeirão das Cruzes e afluentes) num segmento da área que drena para a Captação de Águas (círculo vermelho), G: rua asfaltada em bairro residencial paralela ao sentido e direção de maior caimento da topografia das vertentes que margeiam Ribeirão das Cruzes, com G1 destacando a presença de uma fazenda com solos expostos situada entre o bairro impermeabilizado e o rio; H: vertentes e fundo de vale próximo a nascente do Ribeirão das Cruzes, foto tomada da Chácara Flora com visada para o Grande Selmi-Dei, com H1 destacando uma das represas menores sustentadas por aterros presentes entre as nascentes do Ribeirão e a represa da Captação de Água; I e J: feições erosivas (círculos vermelhos) no fundo de vale adjacente a afluente do Ribeirão das Cruzes,

em trecho a montante da Captação de Águas. Em I, ponte de madeira na qual homem que serve de escala evidencia a posição do rio, enquanto em J observa-se bambus plantados adjacentes as feições erosivas, visando tentar controlar ali o avanço da erosivo

Os sucessivos alertas ecoam nos dias atuais, já que a intensidade da dinâmica de deposição na represa é tal que somente no intervalo entre 2018 e 2021 foram executados via contratações pelo município de Araraquara ao menos dois diferentes processos de remoção de sedimentos e desassoreamento da represa. O primeiro deles relatou ter concluído os trabalhos em 2018, e ter removido 13 mil m³ de sedimentos da represa (ASSEMAE, 2018) – tabela 10.

Tabela 9 – Escoamento superficial voltado para represa do Ribeirão das Cruzes (Figura 11) nos Cenário A, B e C (formas de uso de 1972, 2006 e 2021) e Cenário D (formas de uso permitidas pelo PD de 2014 aplicadas plenamente)

Cenário de uso dos solos	Escoamento superficial voltado para represa da captação de águas por chuva de 20mm/hora
A	28317 metros cúbicos por hora
B	43215 metros cúbicos por hora
C	77512 metros cúbicos por hora
D	197610 metros cúbicos por hora

Fonte: Cheliz (não publicado)

A intensidade da sedimentação que se deu a partir de 2018 foi tamanha, porém, que a represa já estava quase que totalmente entulhada no inverno de 2021, conforme registro fotográfico (figuras 14D e 14E). O novo processo de desassoreamento no início de Outubro de 2021 já havia retirado 13,8 mil m³ de sedimentos (Prefeitura de Araraquara, 2021), e previa retirar ainda outros 7 mil m³, sugerindo que a dinâmica de deposição no local se intensificou quando comparada a que antecedeu o desassoreamento de 2018, que retirou uma menor quantidade de material ao total. Cheliz (não publicado) ao analisar amostras de sedimentos recolhidas dos processos de desassoreamento de 2021, destaca que além da areia e argila que cerca de 10% do volume do material analisado retirado da represa é composto por cascalhos, mostrando a elevada energia de transporte que as torrentes de águas das vertentes adjacentes para os fundos de vale são dotadas.

Caso não haja uma mudança das atuais direções de uso dos solos e zoneamento para tal área de fundo de vale e vertentes do Planalto, a

tendência é que tais processos de desassoreamento se façam necessários em cada vez menores intervalos de tempo e demandando procedimentos mais trabalhosos, acarretando um custo crescente para o município – haja visto que somadas as intervenções de 2018 e 2021 acarretaram em despesas para a prefeitura que ultrapassam 2 milhões de reais (Assemae, 2018; Prefeitura de Araraquara, 2021).

Tal dinâmica de assoreamento associada aos entornos da represa do Ribeirão das Cruzes trata-se de um padrão local de erosão e deposição criado com contribuição da incorporação humana do meio físico diferente do usualmente descrito pela literatura para o Oeste Paulista (e.g – Zancoppe, 2008), que caracteriza o assoreamento como mais intenso nas extensas planícies aluviais contíguas aos grandes rios de Terras Baixas (e.g - Mogi-Guaçu e Jacaré-Guaçu) ali situados, e não ao longo de afluentes e diminutos rios de pequena ordem próximos as suas nascentes e no topo de

Tabela 10 – Informações correlatas ao processo de assoreamento da represa da Captação de Águas (Ribeirão das Cruzes) no Planalto de Araraquara

Área da represa	10620 m ²
Volume de sedimentos retirados em 2018	13 mil m ³
Volume de Sedimentos retirados em 2021	21 mil m ³
Taxa de deposição mínima entre 2018 e 2021	653 mm/ano
Altura mínima do empilhamento de sedimentos depositados entre 2018 e 2021	2000 mm

Fonte: elaboração própria, com base em Assemae (2018), Prefeitura de Araraquara (2021), DAAE (2021), e Cheliz (não publicado)

Planaltos (tidos como predominantemente emissores de matéria e energia – Tricart, 1977). De fato, a tendência de deposição de sedimentos neste estreito fundo de vale do Planalto de Araraquara (e.g – acumulo ali de um empilhamento de sedimentos de ao menos dois metros de altura em cerca de três anos, envolvendo uma deposição de ao menos 0,6 metro por ano entre 2018 e 2021 – tabela 10) é, ao menos, 70 vezes mais intensa do que a taxa de sedimentação registrada previamente por causas naturais nas Terras Baixas de

Araraquara vinculadas ao Rio Jacaré-Guaçu, que para formar ali um empilhamento arenoso de 7 metros de altura demandou ao menos de 800 anos ao longo do intervalo temporal do Holoceno Inicial (Cheliz et al. 2021).

Recomenda-se, assim, renovando as sugestões feitas anteriormente pelos autores supracitados, que volte-se a adotar políticas mais restritivas de uso nas áreas próximas que drenam para este fundo de vale, bem como se pratique reflorestamento – tal como os propostos por Oliveira (2017) e Simões (2018) - das áreas no entorno ou que drenam para o canal tomadas por descampados, de maneira a, ao menos, cumprir as áreas de proteção de 80 metros (30 metros de reflorestamento total, e 50 metros de uso misto - CIECOs) a partir das margens dos canais exigidos pela legislação municipal aprovada em Araraquara (lei complementar 850 de 2014). Dado a centralidade deste local para o abastecimento hídrico local, sugere-se que nos entornos desta represa as faixas de proteção margeando o fundo de vale sejam localmente ampliadas, afim de minimizar os impactos erosivos e de assoreamento no local (e.g – retomar legislação semelhante a vigente no PD de 2005, incluindo estabelecer um corredor mínimo de 100 metros margeando os canais fluviais do município mas atrelados a usos mais restritivos e menos ambíguos que a lei atual destinada a regular aos CIECOs - – figura 11; e estabelecer corredores maiores sobrepostos as vertentes mais íngremes, e contíguos a nascentes e fundos de vales mais estreitos). Igualmente, recomenda-se que se busque conter o intenso desmatamento em área contígua ao Ribeirão das Cruzes nos limites do Parque Planalto, em área atualmente previsto como Zona de Proteção Ambiental (ZOPA) – antes regulado como CIECO no PD de 2005, onde entre 2006 e 2021 se perdeu mais de 25% da área vegetada ali antes existente (Figuras 11, 14A e 14B – trecho a oeste do Ribeirão das Cruzes).

Levantamos, ainda, preocupações sobre a manutenção futura da integridade das sucessivas represas que se dispõe ao longo dos ribeirões que drenam para a Captação de Águas do Ribeirão das Cruzes (e.g - figuras 14A, 14B, 14F e 14H) caso as áreas hoje vinculadas a plantações, matas e pastos das vertentes adjacentes a tais rios sejam ocupadas pela mancha urbana e impermeabilizadas tal como é hoje permitido pelo PD de 2014 (figura 11B). Tal cenário levaria a um afluxo de águas superficiais pluviais para tais represas mais de duas vezes maior

que o atual (tabela 9), de maneira que este grande volume adicional de escoamento superficial pode contribuir para o rompimento de tais barragens menores, sustentadas usualmente por aterros de terra menos resistentes que a represa principal – figura 14C. Gerando, assim, uma grande torrente de água que seguiria ao longo do Ribeirão das Cruzes, com potencial para causar danos a represa da Captação de Águas e mesmo a um segmento importante da mancha urbana de Araraquara contíguo ao fundo de vale do Ribeirão das Cruzes, danificando pontes e outras construções, bem como colocando em perigo a vida de pessoas que estejam em tais locais no momento de tal possível futura ocorrência, cujas torrentes das águas poderiam mesmo afetar a Rodovia Washington Luís.

Afora o assoreamento dos canais fluviais do próprio Planalto de Araraquara, a distância vertical (>100 m) e horizontal (>5 km) dele em relação aos rios regionais de maior volume e fluxo de água (Jacaré-Guaçu e Mogi-Guaçu, ambos situados majoritariamente nas Terras Baixas) leva também a dificuldades e necessidades de adaptações para o abastecimento hídrico de uma população urbana regional crescente, que situa-se majoritariamente (>75%) no Planalto de Araraquara (tabela 2). Na medida, sobretudo, em que os rios de fundo de vale do próprio Planalto são estreitos (<5m de largura) e pouco profundos (<2m), e apresentam um fluxo de água diminuto (<300m³/minuto), de maneira que mostram dificuldade de, com ampliação da população (tabela 2) e áreas de cultivo agrícola do Planalto, a perfazerem uma porção significativa do abastecimento hídrico regional, tal como no passado. Igualmente, muitas vezes as áreas urbanas e/ou estações de tratamento de água encontram-se ao menos em parte mais elevadas do que as áreas de captação de águas superficiais do Planalto, levando a necessidades de sistemas de bombeamento contínuo para garantir o abastecimento – tais como se dá nas cidades de Araraquara (represa da Captação de Águas) e Santa Lucia.

Os supracitados fatores, e o assoreamento de uma parcela dos rios de fundos de vale dos Planaltos, tem contribuído para uma crescente dependência de águas subterrâneas, tais como as retiradas via poços tubulares profundos do Aquífero Guarani: até 1990 mais de 70% do abastecimento hídrico da cidade de Araraquara vinha da captação de águas superficiais, em 2002 apenas 50% (Takenaka, 2002), já em 2014 esse

índice se mostra inferior a 30% e em 2020 inferior a 20% (DAAE, 2014 e 2020), com o restante sendo fornecido por águas subterrâneas (DAAE, 2020). Tal crescente dependência e intensificação do uso das águas subterrâneas para abastecimento do Planalto de Araraquara levanta preocupações sobre se tal dinâmica não pode vir a comprometer a sustentabilidade desta fonte hídrica. De fato, Hirata et al (2012) associaram abatimento de até 32 metros do nível do Aquífero Guarani em segmentos de Araraquara a extração de águas subterrâneas entre 1972 e 2003, período em que a dependência das águas subterrâneas e demanda de água era menor do que atual, de maneira que novos estudos sobre o tema fazem-se necessários, bem como reforçam a necessidade de cuidados especiais com as áreas dos entornos dos mananciais superficiais dos Planaltos, afim de evitar ampliar tal dependência excessiva do uso de águas subterrâneas.

Os Patamares Transicionais

Os Patamares Transicionais dispõem-se a partir dos limites dos Planaltos Residuais, situando-se entre estes e as extensões amplas de Terras Baixas que margeiam os rios Jacaré-Guaçu, Mogi-Guaçu e seus principais afluentes. Mostram-se caracterizados por abranger o intervalo altimétrico mais amplo entre os compartimentos da paisagem da região de Araraquara, mostrando-se contidos majoritariamente entre as cotas de 530 e 660 metros, com segmentos minoritários que atingem picos isolados de até 730 metros. Igualmente, ressaltam-se por apresentarem os maiores declives médios dos terrenos da área de estudo (figuras 3, 7 e 15).

Tal compartimento da paisagem caracteriza-se, ainda, por abranger o contato geológico entre as rochas básicas vinculadas a Formação Serra Geral, e as rochas clásticas areníticas ligadas a Formação Botucatu (figura 4). Próximos (<2 km) aos Planaltos Residuais os declives dos Patamares Transicionais apresentam-se usualmente com valores entre brandos e intermediários (até 8 graus de inclinação – figuras 3 e 15F), com presença de amplas e contínuas exposições de solos originados da alteração de rochas ígneas básicas. Em outros segmentos, usualmente, mais afastados do limite com os Planaltos, os Patamares Transicionais podem apresentar áreas contínuas com inclinações superiores a 8 graus de inclinação (figura 15G), e localmente apresentar alinhamentos contínuos de

declives abruptos (>30 graus – figura 15A), bem como associam-se a uma intercalação entre rochas básicas e arenitos da Formação Botucatu e/ou solos originados da alteração das supracitadas rochas. Igualmente, nesses setores os declives médios dos canais são maiores (>4 graus), com existência de corredeiras (figura 15C) intercaladas com quedas de água (“saltos”, como denominados regionalmente) que por vezes acompanham paredões rochosos semi-verticais (figura 15B) que podem exceder 20 metros de quebras topográficas locais.

Os Patamares Transicionais são constituídos majoritariamente por uma série de vertentes de diversificadas inclinações e orientações (tabela 11), dispostas em vales no entorno de canais de diversos tipos de bordos – abrangendo desde assemelhados a padrões encaixados (cercados por terrenos de declives semi-verticais – figura 15B), à outros margeados por vertentes de declividade entre branda e média (7-20 graus de inclinação) – bem como vinculam-se a presença de morros que pontualmente caracterizam elevados (entre 20 e 100 metros) desníveis verticais locais, intercalados com diminutos e dispersos patamares aplainados ou semi-aplainados - Cheliz, 2016.

. Potencialidades e exemplos de usos dos Patamares Transicionais na trajetória de ocupação regional

Nos segmentos próximos (~<2 km) ao limite com os Planaltos Residuais, o compartimento se mostra especialmente propício a atividades agrícolas pela combinação entre: 1- amplas exposições de Latossolos originados da alteração de rochas ígneas básicas, em contraponto as faixas estreitas de afloramento desta unidade geológica nos Planaltos Residuais; 2 – declives do terreno predominante brandos e intermediários (<8 graus de inclinação), que ainda que maiores que as inclinações médias prevalecentes nos Planaltos, não chegam a se mostrarem obstáculo as práticas agrícolas; 3 - presença de canais fluviais, que configuram fontes de água potável para abastecimento de lavradores, fazendeiros e irrigação.

De fato, são nestas extensões dos Patamares Transicionais próximas (<2 km) do limite dos Planaltos Residuais que se situam muitas das sedes de fazendas pioneiras da região de Araraquara (figura 15F). Dentre elas, incluem-se: 1 – a fazenda Monte Alto, no município de Dourado,

fundado em 1813, na qual seu criador (Francisco de Paula Leite de Barros) – vindo de bandeiras voltadas para o Equador – trouxe e aclimatou as primeiras mudas de cana-de-açúcar da região (Barros, 1935), contribuindo para uma presença significativa desta cultura agrícola na área mesmo antes do programa federal Pró-Álcool, implantado mais de 150 anos depois; 2 – Fazenda São Lourenço, no município de Araraquara, fundada em 1840; também voltada para cultura canavieira; 3 – Fazendas Salto Grande, criada em 1850, voltada para produção cafeeira nos estágios iniciais da chegada desta cultura agrícola a região; 4 – a fazenda Atalaia, no município de Santa Lucia, fundada em 1887, que bem representa aquelas criadas no auge do período cafeeiro (figura 15F); 5 – Usina Tamoio, no município de Araraquara.

Nos trechos dos Patamares Transicionais em que rochas básicas e seus correlatos solos férteis se mostram predominantes mesmo em segmentos de menores altitudes, próximo ao limite com Terras Baixas, também se registra ali associação desta partição do relevo a algumas destas fazendas iniciais da região. Exemplos deste segundo conjunto de fazendas pioneiras incluem: 1- Fazenda Anhumas em Santa Lucia – que antecede a maioria das demais do mesmo município, que foram originadas no fim do século XIX a partir de seu desmembramento parcial por acordo para compra de parte de suas terras (Cheliz, 2011; prefeitura municipal de Santa Lucia, 2020), 2- Fazenda Bela Vista do Chibarro em Araraquara; criada em 1880 e posteriormente (fim do século XX) convertida em assentamento de reforma agrária. Foi também em similar posicionamento geomorfológico que se instalou a Usina Santa Cruz (Américo Brasiliense), em 1947 (Mendonça e Queda, 2018). Esse segundo conjunto de unidades agrícolas se beneficiava também da maior disponibilidade de água dada pela proximidade das Terras Baixas e mesmo pelo maior volume hídrico dos rios que transpõe esses segmentos mais baixos dos Patamares Transicionais, uma vez que ali eles mostram-se mais caudalosos, por terem já recebido a contribuição de múltiplos afluentes nos setores mais elevados deste compartimento de relevo.

Igualmente, os Patamares Transicionais ressaltam-se pelo seu potencial para obtenção de fontes de energia (mecânica e/ou, num segundo momento, elétrica – Figura 16D e 16E), face a presença de corredeiras e cachoeiras, sobretudo nos segmentos de transição entre as áreas de declives brandos / intermediários (<8 graus de declive) para

as que prevalecem declives intermediários (>8 graus de declive) – figura 15B). De fato, muitas das unidades agrícolas supracitadas situavam-se próximas também de tais quedas de água (e.g – fazendas Salto Alto e São Lourenço, em Araraquara; Anhumas e Atalaia, em Santa Lucia), e parte deles as usou para instalar equipamentos (moinhos hídricos e num segundo momento geradores) para geração de energia mecânica e elétrica (Cheliz, 2011). Igualmente, os trechos de corredeiras mais íngremes dos rios que cruzam os Patamares Transicionais também mostram-se propícios a instalação de equipamentos para geração de energia – tal como a pequena central hidroelétrica em trecho de corredeiras do rio Jacaré-Guaçu alinhado localmente com a direção N-S, em torno da qual se instalou o município de Gavião Peixoto (figura 16D e 16E).

Declives médios mais altos deste compartimento de relevo, embora não inviabilizem, ofereceram por vezes desafios e necessidade de adaptações a instalações de certos fixos, tais como as ferrovias. Um exemplo foram as adequações nos traçados adotados para as ferrovias regionais na sua expansão rumo a norte, ao deixar as áreas dos Planaltos Residuais, e prolongar-se sobre os Patamares Transicionais no fim do século XIX. O ramal ferroviário no trecho contíguo aos Planaltos, entre as sedes municipais de Araraquara e Santa Lucia, mostra-se predominantemente retilíneo. Já entre as sedes municipais de Santa Lucia e de Rincão, sobreposto predominantemente aos Patamares Transicionais, o traçado da ferrovia se tornou em parte curvilíneo, assemelhado a um rio meandrante (figura 16A), e por vezes cercado de cortes artificiais profundos (>5 m) no terreno ou superimpostos a aterros de mais de 5 metros de altura.

Tais adaptações foram necessárias para que os trens fizessem seus trajetos em terrenos de declives mais brandos do que a da direção de caimento da topografia da área anterior a construção da ferrovia. Caso essa adequação não tivesse sido realizada para abrandar os declives transpostos pela linha férrea nos Patamares Transicionais, se exigiria demais das caldeiras das antigas locomotivas a vapor ou dos motores a diesel dos atuais trens no sentido (Rincão-Santa Lucia) em que necessitam ganhar altitude para chegar aos Planaltos, ou poderia ampliar riscos de descarrilamentos no sentido (Santa Lucia-Rincão) em que os trens se dirigem a posições mais baixas.

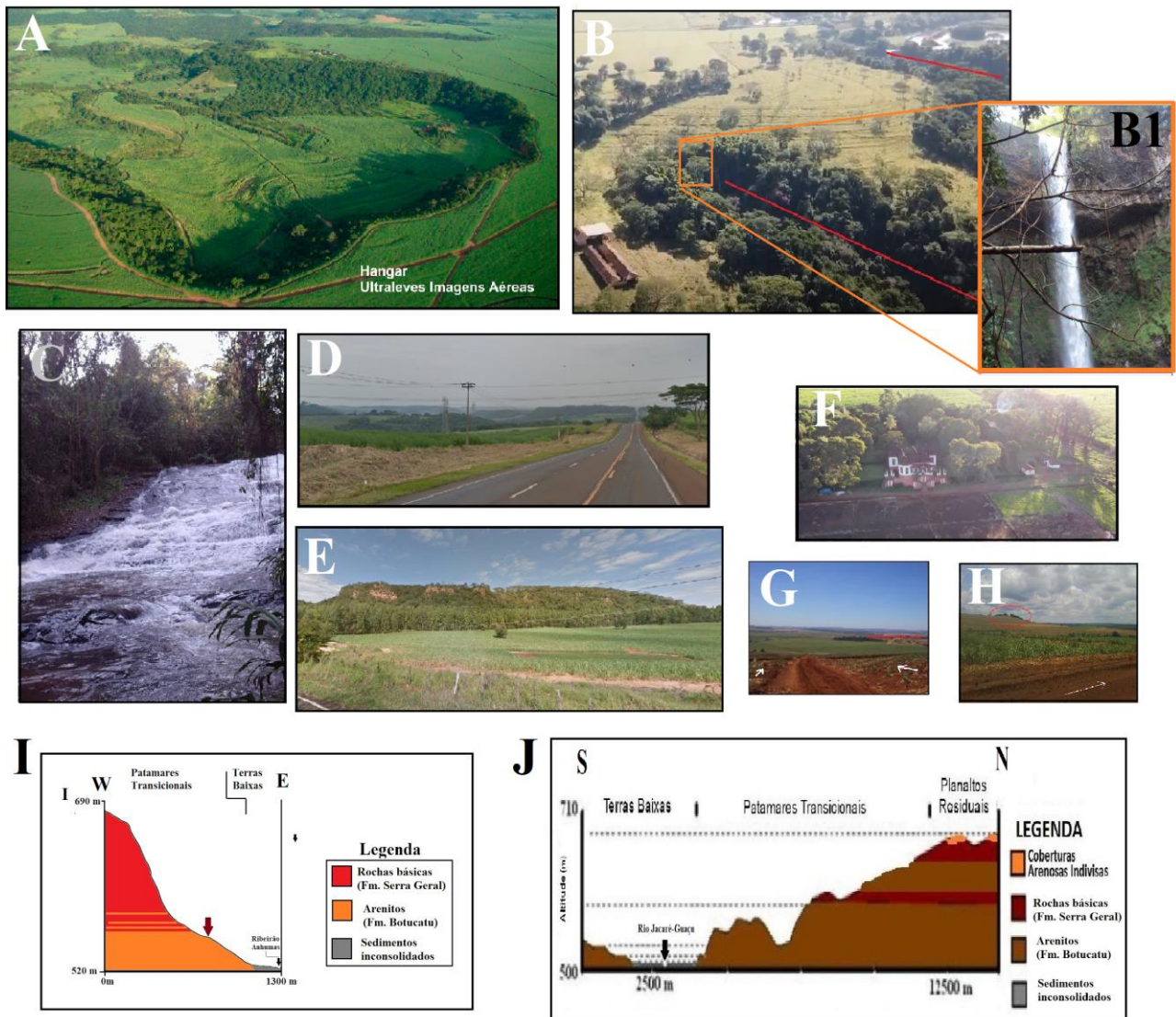


Figura 15 – composição com imagens dos Patamares Transicionais: A – escarpas obtusas circundando a cabeceira do Ribeirão das Cruzes, a leste da sede municipal de Araraquara, B – vales de vertentes semi-verticais alinhados com a direção N10E (linhas vermelhas) margeando o Ribeirão das Cruzes e Rio São Lourenço, entre as sedes municipais de Araraquara e Gavião Peixoto, B1 – quebra topográfica obtusa e cachoeira em meio ao vale do rio São Lourenço, C- corredeiras de afluente da margem direita do Ribeirão das Cruzes; D – segmento vinculados a declives intermediários dos Patamares Transicionais, entre a sede municipal de Araraquara e o Rio Jacaré-Guaçu, E – morro arenítico em segmento dos Patamares Transicionais a norte da sede municipal de Ribeirão Bonito, F – segmento de declividades intermediárias dos Patamares Transicionais, a norte da sede municipal de Santa Lucia, contíguo a sede da fazenda e pátio da Fazenda Atalaia; G – segmento de alta declividade dos Patamares Transicionais, a nordeste da sede municipal de Américo Brasiliense, H – segmento de média declividade dos Patamares Transicionais, a leste da sede municipal de Santa Lucia (círculo vermelho destacada ponto de inflexão para trecho de altos declives), I – perfis topográfico e geológico ilustrando segmento dos Patamares Transicionais onde prevalecem altas inclinações, a leste do município de Santa Lucia, J – perfil ilustrando segmento dos Patamares Transicionais onde prevalecem declives médios, a sudoeste da sede municipal de Araraquara

Tabela 11 - Sumário dos Atributos Morfológicos dos Patamares Transicionais

Patamares Transicionais

Atributos Principais

Sucessão de vertentes de média e alta declividade, seccionada por rios de vales profundos (>50 m de desnível entre fundo de vale e interflúvios secundários), pontuadas por diminutos níveis semi-aplainados, mesclados a intercalações entre os arenitos da Formação Botucatu e as rochas básicas da Formação Serra Geral, dispostos principalmente entre 530 e 660 metros

Subsetores de unidades morfológicas

Bordos Abruptos de Araraquara Sudeste	Sucessão de vertentes de média-alta declividade (entre 8 e acima de 20 graus), mescladas a intercalação de rochas básicas e arenitos; com caimentos de maiores declives voltados para noroeste e oeste
Vertentes de Média-Alta Declividade de Gavião Peixoto	Vertentes de média-alta inclinação (majoritariamente entre 6 e 20 graus), predominantemente vinculadas a rochas básicas, bordeando o rio Jacaré-Guaçu em seus níveis de corredeiras em calhas de rochas básicas
Morrarias de Boa Esperança do Sul e Ribeirão Bonito	Intercalação de vertentes de média declividade (entre 5 e 10 graus), alternados com frequentes morros e montes com desníveis verticais locais de até 80 metros e declives ali localmente maiores do que 20 graus, mesclados a amplas exposições de arenitos e pontuais segmentos de rochas básicas
Vertentes de Médias Declividades e Morros Residuais	Sucessões de vertentes de média declividade (entre 5 e 15 graus), mescladas a intercalação de rochas básicas e arenitos

Fonte: adaptado de Cheliz (não publicado).

De maneira semelhante, os traçados do novo contorno ferroviário de Araraquara em meio aos Patamares Transicionais, a leste da sede municipal de Araraquara (figuras 12, 16 e 18), instalados no início do século XXI, também levaram a necessidade de adequações e modificações humanas do relevo – com criações de aterros elevados (>5m) intercalados com cortes artificiais profundos (>5m) para impedir que o declive dos trilhos perdesse sua inclinação baixa e, sobretudo, contínua (figuras 15B e 15C). Tais adequações se mostraram ali especialmente necessárias na medida que se planeja a instalação local de um porto-seco contíguo ao novo distrito industrial (ZEPIS – figura 12, 18 e 19, e Chediek, 2013) e transferência das oficinas de manutenção ferroviária hoje situadas no centro de Araraquara, de maneira que possivelmente será futuramente um ponto de constante parada e partida dos trens. Desta maneira, planeja-se que constitua um local onde as locomotivas estarão frequentemente precisando desacelerar para fazerem paradas ou procurando galgar impulso para alcançar suas velocidades ótimas em suas partidas, atividades que seriam dificultadas se os declives mais elevados e descontínuos da topografia prévia local dos Patamares Transicionais se refletissem nos trilhos da ferrovia.

Vulnerabilidades e impactos ambientais associados dos Patamares Transicionais

Extensões significativas dos Patamares Transicionais apresentam especial vulnerabilidade potencial para acirramento da erosão, sobretudo quando expostos a aumento do escoamento superficial, dado a associação de maiores declives e materiais geológicos (e.g – arenitos da Formação Botucatu; trechos de basaltos sobrepostos a fraturas e falhas, e mantos de alteração deles derivados) mais vulneráveis a desagregação (Cheliz, 2011 e 2016) – figura 7. Cheliz (2011) ressalta haverem alguns conjuntos de combinações entre atributos de relevo e unidades geológicas que levam segmentos deste compartimento da paisagem a serem de especial vulnerabilidade para a erosão (figura 8), sobretudo quando as áreas cujas águas das chuvas escoam para eles apresentam impermeabilização e desmatamento excessivo: 1 – entornos de rios margeados por vertentes semi-verticais associados a potenciais falhas geológicas (Cheliz, 2011 e 2016), mesmo quando estas últimas encontram-se circundadas por terrenos de declives brandos (e.g – figura 15B), 2 – associações entre áreas de declives mais salientes (>20 graus) e afloramentos ou mantos de alteração de arenitos da Formação Botucatu, sobretudo dos segmentos de menor silicificação e maior porosidade primária, que as tornam mais propícias a processos de desagregação como os desencadeados por circulação intensa de fluxos hídricos superficiais (Meaulo, 2007, Cheliz, 2016), ou vinculados a trechos de rochas básicas localmente densamente fraturadas e/ou vinculadas

a porosidade secundária dada por decomposição de minerais vesiculares (tabela 1, e figura 5).

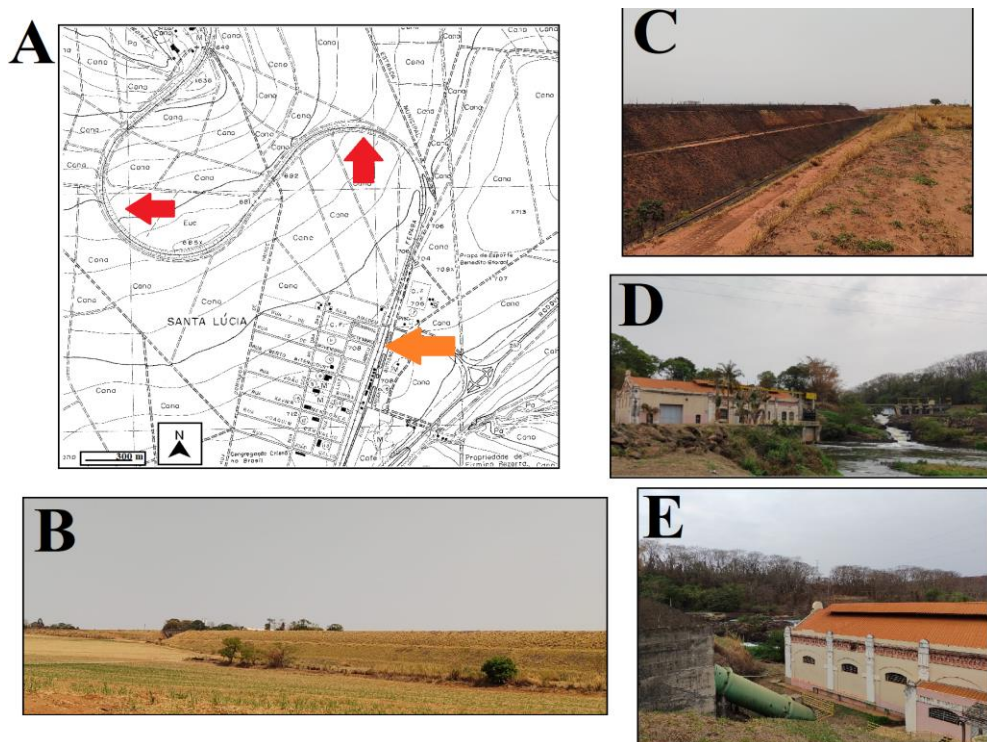


Figura 16 – composição mostrando adequações de fixos importantes para suporte da trajetória de ocupação regional as especificidades do relevo dos Patamares Transicionais: A – detalhe de carta topográfica do IGc, em trecho adjacente a sede municipal de Santa Lucia (cujá localização é vista na figura 8) mostrando a adequação dos ramal ferroviário da passagem do trecho retilíneo que encontra-se sobreposto aos declives brandos do Planalto Residual (seta laranja) para os trechos que adquire caráter curvilíneo e sobreposto a sucessões de aterros e cortes artificiais no terreno (setas vermelhas) para evitar que os trilhos tenham a mesma declividade natural do mais íngreme relevo dos Patamares Transicionais; B: trecho em que foi construído aterro para passagem dos trilhos do novo contorno ferroviário de Araraquara, o mesmo retratado na figura 18; C: exemplo de trecho em que foi aberto corte artificial profundo no relevo para instalação da ferrovia nos Patamares Transicionais afim de evitar que trilhos adquirissem a declividade mais elevada da topografia natural previamente existente, D: usina hidroelétrica a sul da sede municipal de Gavião Peixoto (cujá localização encontra-se na figura 8), com casa de maquinas a esquerda e represa a direita, sobreposta a trecho de corredeiras do rio Jacaré-Guaçu, E: detalhe das tubulações que conduzem a água do trecho mais elevado do rio até a casa de maquinas, com corredeiras e vertentes evidenciando o elevado desnível vertical local da calha do rio ao fundo.

Um exemplo da primeira combinação encontra-se nas feições erosivas e voçoroca que se formou adjacente e a leste de Santa Lucia (Cheliz, 2011 e 2014), contígua ao canal localmente conhecido como “Tanquinho do Galo”, o qual é caracterizado em suas cabeceiras por vertentes rochosas semi-verticais (desníveis topográficos locais maiores do que 5 metros – Cheliz, 2011 e 2016) – figura 17. Ele encontra-se associada a uma área limítrofe com os Planaltos Residuais, e caracterizada por declives brandos predominantes (<10 graus de inclinação) dos terrenos que o

cercam. O acirramento da erosão nesta área tem contribuição da manifestação local da tendência regional de destruição de parte importante das antigas colônias rurais, ligada a mecanização do campo, com desativação destas por vezes centenárias habitações feitas alegando-se como justificativa justo a necessidade de “combater a erosão”, argumentando-se que parte das colônias estarem próximas a canais fluviais (Cheliz, 2011), levando seus antigos habitantes a migrarem para as áreas urbanas dos antigos povoados de suporte das fazendas em que viviam, convertidos em parte em

cidades dormitórios. Dinâmica esta que no caso do município de Santa Lucia levou a uma expansão de mais de 40% da área urbana entre 1982 e 2012 (Cheliz, 2011 e 2012, e figura 17). Os novos bairros que recebem os que nas últimas décadas a migraram do campo para esta pequena cidade inserem-se ali majoritariamente em faixas do terreno que drenam para o supracitado canal de vertentes íngremes, fato que combinado ao aumento do asfaltamento das ruas da citada cidade (e.g – chegada de asfalto ao bairro de Nova Santa Lucia), o uso extensivo dos solos locais para o plantio agrícola (notadamente cana-de-açúcar – Cheliz, 2011 e 2014b) e possivelmente o aumento da concentração de chuvas em meses e dias pontuais com o passar do tempo (tabela 2) ampliou o volume de águas escoadas para o local do canal do Tanquinho do Galo por ocasião das precipitações, contribuindo para expansão ali da voçoroca e outras feições erosivas. Gerando, inclusive, preocupações de que elas possam chegar a afetar a adjacente área urbana, a depender de como se dê sua expansão (Cheliz, 2011, e figura 17).

Fundos de vale fluviais semelhantes dos Patamares Transicionais também associados a canais bordejados por vertentes semi-verticais, foram registrados em outros pontos da região, sobretudo entre as sedes urbanas de Araraquara e Gavião Peixoto, majoritariamente alinhados entre as direções N20W e N10E (figura 15B) – Cheliz, 2011 e 2016. Sugere-se que as áreas que drenam para tais fundos de vale tratam-se de locais cujos usos de solos das áreas devem ser alvos de cuidados especiais, afim de se evitar formação de voçorocas e feições erosivas semelhantes a supracitada registrada no município de Santa Lucia.

Exemplos concretos de impactos erosivos da segunda combinação (associação entre áreas de declives mais pronunciados e unidades geológicas suscetíveis a desagregação) podem-se ver na zona rural a leste da sede urbana de Araraquara (figuras 7 e 18) – Cheliz, 2014b. Ali, a combinação da concentração do escoamento superficial local por ocasião de criação de aterros e túnel no novo contorno ferroviário de Araraquara combinado com chuvas fortes do verão de 2012/2013 (figura 18 e tabela 2) contribuíram para a formação de movimento de massa num conjunto de escarpas areníticas locais, gerando cicatriz exposta de mais de cinco metros de altura e mais de vinte metros de comprimento (figura 18). Sugere-se que a alocação

de dissipadores de energia entre o distrito industrial que está sendo criado a leste (figuras 11 e 18), sobretudo entre o túnel no aterro do contorno ferroviário que delimita o limite oriental do distrito industrial, e a área de escarpas areníticas (figura 18A), configura-se como uma ação útil para minimizar as chances de repetição de impactos semelhantes no futuro. Na medida que registra-se no restante dos Patamares Transicionais vários outros segmentos do terreno com associações de declives acima de 20 graus e arenitos da Formação Botucatu (figuras 3, 4 e 7), sugere-se que os terrenos que drenam para tais locais (figura 7) sejam alvo de cuidados especiais ao se planejar o uso dos solos, evitando o aumento excessivo da impermeabilização dos terrenos, e criando estruturas de minimização da velocidade de escoamento das águas superficiais voltadas para eles.

Consideramos, ainda, como motivo de preocupação adicional que algumas destas áreas de especial vulnerabilidade a erosão situem-se sobrepostas a terrenos que apresentam alguns dos maiores desníveis verticais locais (e.g – mais de 120 m de desníveis topográficos em extensões horizontais menores do que 500 m), com disposição e continuidade horizontal tais destas quebras topográficas que favorecem nelas a incidência de chuvas orográficas.

De fato, em caminhamentos em segmentos do Planalto com visadas para os Patamares Transicionais, acompanhando a linha de escarpas que se dispõe entre as sedes municipais de Américo Brasiliense e Rincão, pudemos visualizar mais de uma vez nuvens baixas vindas da direção nordeste se chocarem parcialmente contra os contornos desta pequena serra alinhada com as direções N-S e W-E, e interpretarem em meio a seus vales fluviais; gerando chuvas visualmente mais intensas nessas áreas escarpadas do que a leve garoa que prevalecia no topo do Planalto onde nos situávamos. Desta maneira, levanta-se a possibilidade que em adição as expressivas variações temporais regionais das incidências de chuvas (figura 6 e tabela 2), ocorra também uma significativa variação horizontal delas, com algumas das áreas mais propensas a erosão (figura 7) sendo também as que recebem maiores volumes de chuvas. Tais heterogeneidades podem se mostrar, assim, especialmente danosas para o avanço dos processos erosivos nestes locais, sobretudo nos anos de precipitações

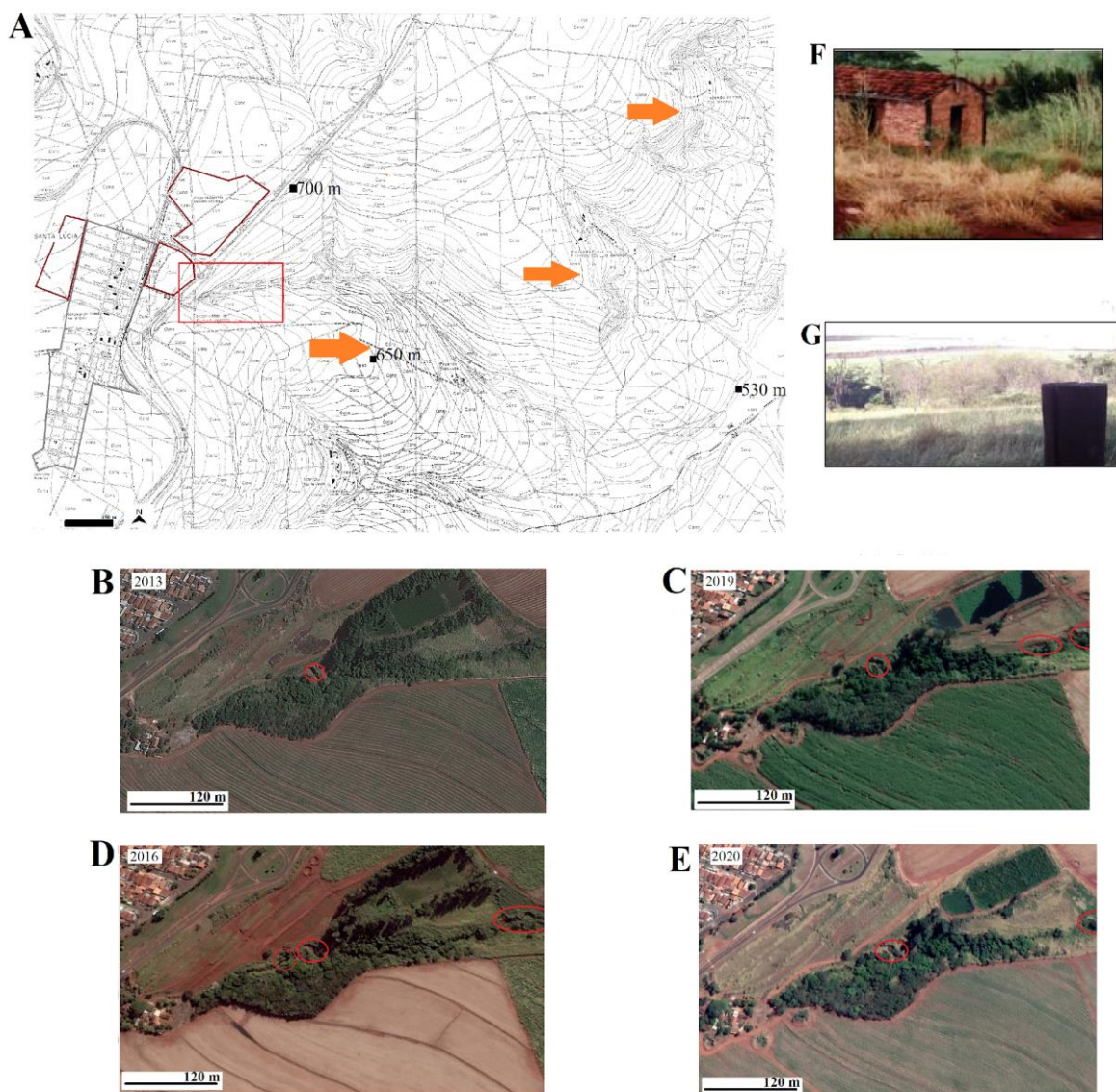


Figura 17 – composição com fotos e mapas de áreas com registros de feições erosivas, nos Patamares Transicionais presentes no município de Santa Lucia (cuja localização encontra-se na figura 7). A: trecho de carta topográfica de um dos segmentos de maior vulnerabilidade a erosão dos Patamares Transicionais, contíguo ao trecho terminal do Planalto Residual onde instala-se o município de Santa Lucia. Polígonos marrons retratam zonas de expansão urbana posteriores a 1982, que em parte drenam para área com feições erosivas (retângulo vermelho) adjacente a supracitada cidade. Setas laranjas indicam pontos de inflexão de declives intermediários para declives obtusos, associados a rochas básicas densamente fraturadas, e onde usualmente registram-se a formação de sulcos de até 3 m de comprimento após chuvas de maior intensidade; B, C, D e E: detalhe de imediações de nascentes do córrego “Tanquinho do Galo”, afluente do Ribeirão Anhumas, destacado por retângulo vermelho em 17A, com círculos vermelhos destacando feições erosivas que se formam no seu entorno ao longo do tempo, F: antiga capela sendo afetada pelo avanço do processo erosivo na margem esquerda do Tanquinho do Galo dentro da área destacada em B, C, D, E; G: trecho do ribeirão do Tanquinho do Galo no seu médio curso, onde registra-se em suas vertentes íngremes processos erosivos que levaram a erosão acentuada e recuo intenso (>5m) – Cheliz, 2011 - das linhas de barrancos que margeiam rio, levando ao colapso de parte das estruturas de antigas fazenda ali situadas.

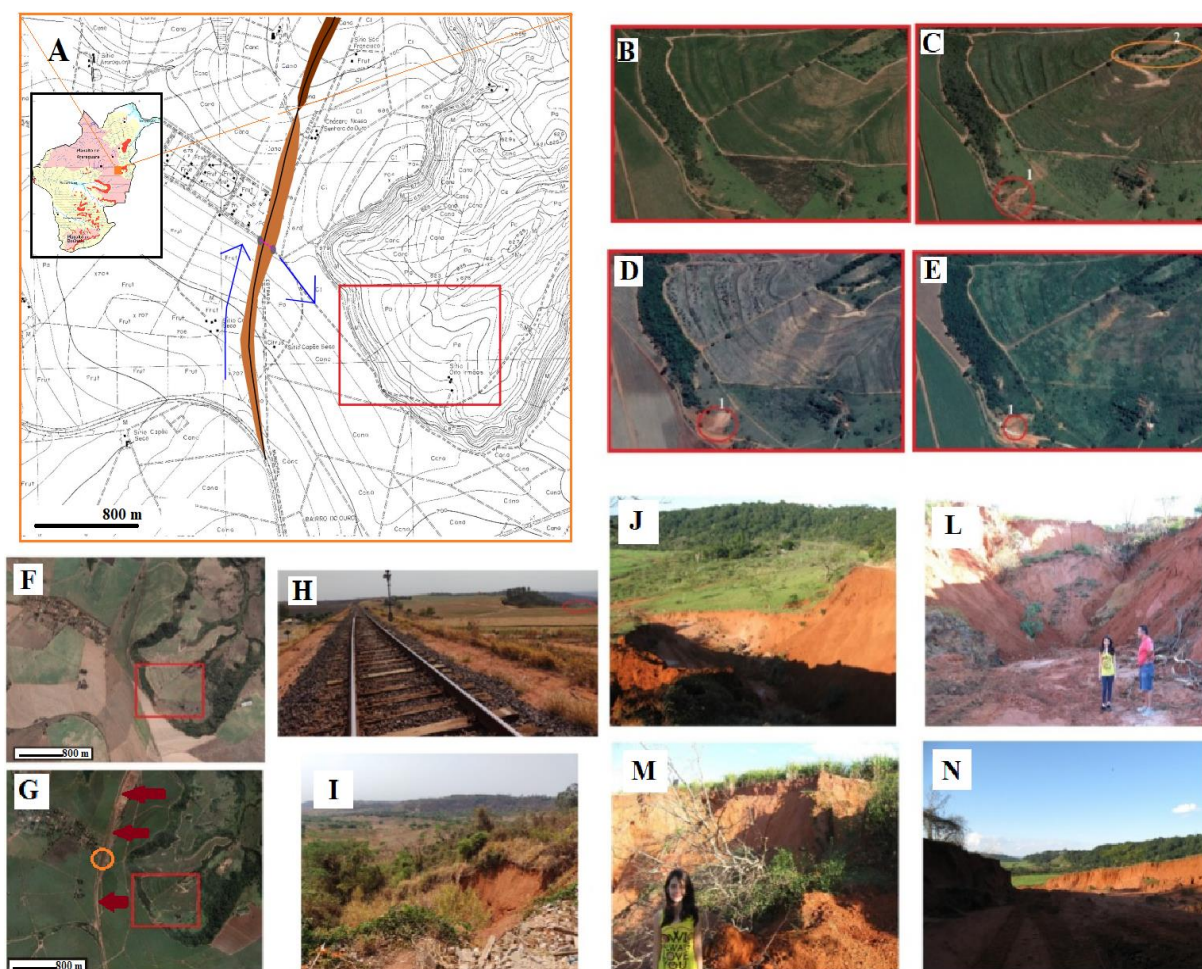


Figura 18: A: segmento de carta topográfica do IGc (2020) de 1982 ilustrando imediações de área (retângulo vermelho) onde vem sendo registrados recorrentes movimentos de massa – polígono bege destaca locais em que foram construídos aterros para passagem do novo contorno ferroviário, e polígono marrom área em que foram feitos cortes artificiais cercados por aterros para o mesmo objetivo; pontos cinzas e tracejado roxo ilustram túnel aberto em meio ao aterro, e setas azuis ilustram as novas direções e sentido de parte do escoamento das águas da chuva decorrentes das obras supracitadas; B, C, D e E: “1” aponta local de onde se originam movimentos de massa e onde se formam cicatrizes erosivas, e “2” o local estimado de deposição em imagens aéreas do Google Earth Pro dos dias 03/01/2012; 05/04/2013; 25/09/2013 e 05/04/2016, respectivamente – em D nota-se tentativa de aterrar cicatriz vista em C, e em E nova cicatriz sobre o aterro visto em C; F: imagem aérea do Google Earth Pro retratando mesma área que A, em 23/06/2005. G: imagem aérea retratando mesma área que que “A” em 05/04/2013; após a construção de novo contorno ferroviário (evidenciado por setas marrons) cujos aterros contíguos a ele passaram a concentrar parte da drenagem antes dispersa para túnel (círculo laranja) ali construído; H: trecho de novo contorno ferroviário construído sobre aterro, disposto diretamente sobre túnel que que passou a concentrar o escoamento superficial antes disperso (círculo vermelho ao fundo mostra local onde vem se registrando movimentos de massa), I: fotografia de 2021 do local das escarpas areníticas para o qual o fluxo das águas superficiais passou a ser concentrado, mostrando a presença de feições erosivas; J, L, M e N: fotografias tiradas em Junho de 2013 nas escarpas areníticas locais, retratando feições erosivas deixadas por movimento de massa ocorrido no primeiro semestre do citado ano: - J: foto da cicatriz tirada visando o Leste a partir da estrada de acesso ao pequeno anfiteatro, L: foto da cicatriz tirada visando o sul, a partir do fundo de vale local; M: foto de detalhe da Cicatriz tirada a partir da estrada de acesso ao pequeno anfiteatro, visando o sul, N: foto de detalhe da cicatriz tirada a partir do fundo da superfície originada por ela, visando o norte.

significativamente acima da média (figura 6) e a aparente tendência de aumento da concentração das precipitações anuais em específicos meses e dias do ano (tabela 2), ampliando a necessidade de ao menos se adotar medidas mitigadoras da erosão em tais locais suscetíveis.

Igualmente, a presença de amplas exposições de arenitos da Formação Botucatu torna segmentos dos Patamares Transicionais potencialmente vulneráveis a contaminação de águas subterrâneas (e.g -Aquífero Guarani). Ainda que não todas as faixas de afloramento dos arenitos desta unidade geológica sejam, necessariamente, áreas de especial vulnerabilidade a contaminação do Aquífero (Piuci e Nobile, 1985), a presença ali de tal formação geológica levanta a necessidade de pesquisas hidrogeológicas de detalhes para subsidiar eventuais decisões de expansão urbana e industrial para tais áreas.

De fato, estudos atualmente já disponíveis para segmentos de tais áreas (Meaulo, 2004 e 2007) quando comparados ao uso dos solos que se planeja fazer para tais terrenos (e.g – novo plano diretor de 2014 de Araraquara) apontam sobreposições entre realização de atividades potencialmente danosas ao Aquífero (e.g – novo distrito industrial de Araraquara) com áreas tidas como de extrema vulnerabilidade a contaminação de aquíferos livres (figura 19), como também registrado por Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013), Cheliz (2013 e 2014) e Menzori et al. (2021). Ao constatar tal sobreposição, Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013) e Cheliz (2013) sugeriram a época da discussão do novo Plano Diretor que fosse reconsiderada a ideia de autorizar em tal área a criação de um distrito industrial com tal traçado, e que ele tivesse sua extensão total e localização reconsiderada, uma vez que o município apresenta disponíveis amplas áreas de menores vulnerabilidades ambientais.

Na ocasião Cheliz, Oliveira e Ladeira (2013) recomendaram que permanecesse ao menos em parte na área supracitada o zoneamento anterior, ligado ao Plano Diretor de 2005 de Araraquara, que impunha restrições de uso maiores a tais terrenos, considerando-os áreas de proteção ambiental (figura 11 e 19). Uma vez que as sugestões não foram levadas em consideração e a mudança de zoneamento foi aprovada, e ao menos uma grande planta industrial (e.g – Randon, instalada em terreno doado pela prefeitura local) já

se encontra instalada, recomenda-se que as atividades industriais locais sejam objetivo de protocolos claros para se evitar contaminação dos solos locais, que mais tarde podem vir a se refletir em contaminação das águas subterrâneas. Igualmente, repete-se a recomendação feita a época da revisão do plano diretor, de que seria importante a realização ali de estudos hidrogeológicos e geotécnicos de maior detalhe, a fim de identificar e delimitar com maior precisão os limites das áreas de maior sensibilidade a contaminação das águas subterrâneas locais.

Recomenda-se, ainda, que caso a urbanização do novo distrito industrial siga se expandindo, sejam criados junto a ele dissipadores de energia e corredores de reflorestamento em meio a áreas com maiores gradientes de caimentos topográficos locais e de convergência do escoamento superficial, de maneira a amenizar a energia erosiva das águas que fluem em superfície por ocasião das chuvas. Tal prática se justifica, pois, a área do novo distrito industrial situa-se associada a materiais geológicos (e.g - arenitos da Formação Botucatu, e seus produtos de remobilização – vinculados a um segmento das Coberturas Arenosas Indivisas – Meaulo, 2007) tidos como propensos a se desagregarem, caso expostos a fluxos superficiais intensos, tais como os originados da eventual impermeabilização excessiva dos terrenos locais. Ressaltamos que o novo distrito industrial se constitui em parte de terrenos associados a materiais geológicos que até o momento não foram ocupados pelas cidades em larga escala na região de Araraquara, cujas manchas urbanas até então se expandiram predominantemente ao longo de áreas de rochas básicas ígneas ou de Coberturas Arenosas Indivisas não associadas a produtos de remobilização de arenitos da Formação Botucatu (Meaulo, 2007; Cheliz, 2016). De maneira que a reprodução neste local, sem adequações, dos mesmos padrões de urbanização das áreas anteriormente ocupadas pode levar a problemas erosivos de dimensão até então não registradas na área urbana do município (e.g – formação de voçorocas, tais como as que ocorrem no município de São Pedro, em áreas urbanas que se expandiram para unidade geológica similar – Fm. Piramboia - sem os cuidados necessários – PERUSSI, 2019).

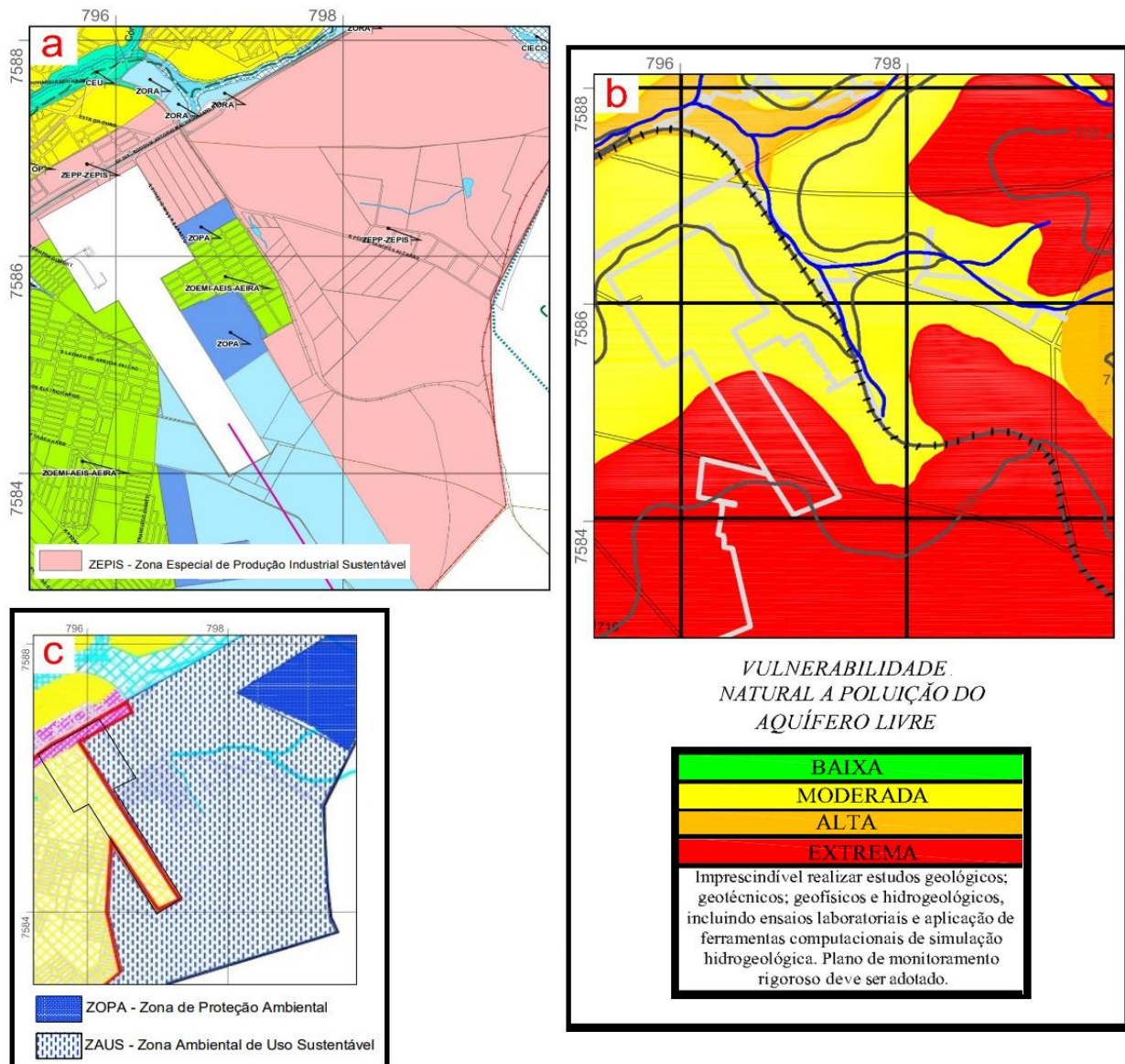


Figura 19 – comparação do novo distrito industrial com mapa geológico e de vulnerabilidade a contaminação de aquíferos livres elaborado por Meaulo (2007) - A: segmento do mapa de zoneamento do PD de 2014, com destaque para novo distrito industrial (ZEPIS); B: segmento do mapa de vulnerabilidade natural a poluição de aquíferos livres de Meaulo (2007), C: segmento do mapa de zoneamento urbano do PD de Araraquara de 2005, que reservava a área do novo distrito industrial para zonas de proteção ambiental, de usos mais restritivos (tabela 8). Adaptado de Cheliz (2013)

Justifica tal sugestão de criação de dissipadores de energia, ainda, o fato de porção expressiva do novo distrito industrial ter sua drenagem superficial voltada para o encontro da Via Expressa com o Rio do Ouro, área atualmente já afetada recorrentemente por grandes enchentes (figuras 11 e 12, tabela 7) Igualmente, uma outra parte do novo distrito industrial constitui-se de terrenos (figura 18) cuja drenagem superficial volta-se para a área de vulnerabilidade erosiva associada as encostas areníticas das cabeceiras do Ribeirão dos Anhumas (figura 15A e 18). De

maneira que a expansão de obras nestes locais, sem a criação de estruturas e/ou medidas de uso dos solos destinadas a amenizar a velocidade das águas superficiais, pode levar a acirramentos dos problemas erosivos já bastante significativos registrados na área supracitada (figura 18).

As Terras Baixas

As Terras Baixas caracterizam-se predominantemente por diminutas cotas altimétricas, declives, e reduzidas variações verticais locais, associando-se a alternância de unidades de relevo de planícies de inundação e

terraços fluviais (parte deles de bordos abruptos no limite com canais ou planícies de inundação, com padrões próximos do encaixamento com desníveis verticais locais entre 0,5 e 2 metros), bem como por vertentes suavizadas associadas a relativas baixas cotas altimétricas (figuras 2,3 e 20; e tabela 12).

Mostram-se associadas predominantemente a cotas topográficas entre 480 e 530 metros, em extensões contíguas aos grandes rios de fundo de vale regionais Jacaré-Guaçu e Mogi-Guaçu (tabela 3), e alguns de seus afluentes principais (ribeirões Anhumas, Chibarro, das Cruzes, Contendas e Rio Boa Esperança do Sul). Geologicamente, conjugam-se predominantemente a coberturas sedimentares inconsolidadas (nos terraços e planícies de inundação) e a arenitos da Formação Botucatu nas vertentes suavizadas.

Potencialidades e exemplos de usos das Terras Baixas

A associação de declives brandos do terreno e de fontes de água abundantes, bem como

manchas de solos especialmente férteis representadas por enclaves de solos de alteração de rochas básicas em meio aos predominantes sedimentos quaternários e arenitos, mostram-se como ligados a potencialidades favoráveis para ocupação humana. De fato, Lemos (1999) e Souza (2002) – este último afirmando levar em considerações pesquisas então não divulgados de Luis Carlos Barcelos - apontam que mesmo antes da fundação do núcleo inicial da Vila de Araraquara por Pedro José Neto, teria havido um quilombo nas Terras Baixas próximas ao Rio Jacaré-Guaçu, nas imediações da Foz do Rio do Ouro. O local foi conhecido historicamente como “Quilombo do Jacaré”, e é tido como fundado pelo maleh Aololã e a banta Bombara, que se casaram e ali constituíram família, formando uma comunidade de apoio aos escravizados que fugiam das fazendas de áreas a leste (Souza, 2002).

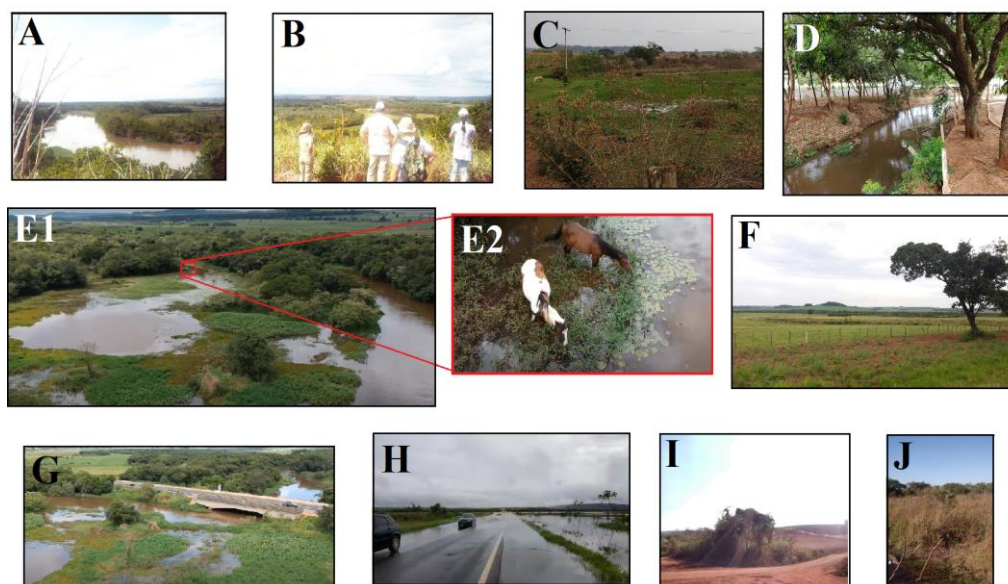


Figura 20 – composição de fotografias das Terras Baixas: A – meandro do Rio Mogi-Guaçu e sua planície aluvial no município de Rincão; B: planície aluvial do rio Mogi-Guaçu e seus meandros abandonados também no município de Rincão; C – planície aluvial do rio Boa Esperança, usada para pastagem, no município de Trabiçu; D: rio Boa Esperança no trecho em que sua planície aluvial foi sobreposta por um segmento da mancha urbana de Boa Esperança do Sul; E: Rio Jacaré-Guaçu e sua planície de inundação logo após uma das recorrentes inundações da mesma – em E2 vê-se detalhe de cavalos que ali pastavam antes da inundação e ficaram momentaneamente envolvidos pelas águas extravasadas pelo rio; F: baixos terraços do rio Jacaré-Guaçu no município de Boa Esperança do Sul, área que é atingida por extravasamento das águas do rio apenas em momentos de chuvas extraordinariamente intensas; G: ponte da rodovia Comandante Barros cruzando o Rio Jacaré-Guaçu e parte de sua planície de inundação; H: trecho da supracitada rodovia sendo recoberto pelas águas de inundações do rio Jacaré-Guaçu; I e J: afluente assoreado do Ribeirão das Cruzes, no município de Santa Lucia. Fonte: fotografias próprias, e imagens de drone de Higor Vanessa.

Tabela 12 – Atributos essenciais do compartimento da paisagem das Terras Baixas

Terras Baixas
Atributos Principais

Pautada por reduzidas altimetrias (480-530 metros), e inclinações majoritárias inferiores a 5 graus). Apresenta mescla de planícies de inundação e terraços fluviais associados a depósitos sedimentares predominantemente areno-argilosos inconsolidados, e vertentes suavizadas associados a mescla de depósitos sedimentares inconsolidados, arenitos da Formação Botucatu ou produtos da sua remobilização, com pontuais afloramentos de rochas básicas

Subsetores de unidades morfológicas

Terras Baixas do rio Jacaré-Guaçu

Contidas entre as altitudes de 480 e 510 metros, caracterizadas por planícies aluviais assimétricas (mais largas na margem esquerda, sul), vertentes e bordos dos canais heterogêneos (mais íngremes na margem direita, norte)

Terras Baixas do Mogi-Guaçu

Contida entre as altitudes de 490 e 530 metros, pautados por bordos dos canais heterogêneos (mais íngremes na margem esquerda, sul)

O governador Saldanha comunicou em 09/12/1778 que mandou combater quilombos locais, que incluíam “dois arraiais, um com 25 cabanas e um outro com 64” (Lemos, 1999; Souza, 2002). Os sobreviventes da expedição punitiva teriam mais tarde se incorporado a vila de Araraquara fundada pouco depois por Pedro José Netto, e uma parcela dos cultos de raízes africanas locais por muito tempo teriam feito peregrinações entre a nascente do Rio do Ouro no Planaltos Residuais e a foz deste no rio Jacaré-Guaçu nas Terras Baixas, em memória do antigo quilombo.

Pode-se aventar que a existência deste quilombo num segmento do território então ainda sem presença consolidada do poder colonial pode ter contribuído para a própria decisão de criar na atual região de Araraquara núcleos de ocupação subordinados a província de São Paulo poucos anos depois, a fim de se apossar efetivamente da área e coibir iniciativas semelhantes ao Quilombo do Jacaré no futuro. Françaoso (comunicação verbal) considera, na citada direção, que a escolha do quilombo pelas Terras Baixas, sobretudo um segmento dela próximo de estar emoldurado por um estreito abismo que margeia o vale fluvial local (confluência dos rios do Ouro, Jacaré-Guaçu e Chibarro) tinha influência da menor visibilidade de tais áreas, e o desejo de ocultar-se do alcance e da vista do poder constituído dominante de então. Tal opção estaria em oposição com a de instalar o Quadrilátero da Matriz (sede inicial do poder político e religioso que se estabeleceu nos Planaltos

Residuais poucos anos depois da destruição do quilombo) em mais visível área próxima a cumeadas das altitudes regionais no compartimento dos Planaltos Residuais (figuras 9 e 10), com o fim de projetar na paisagem este mesmo poder.

Mais tarde (no limiar entre os séculos IXX e XX), os núcleos urbanos de Boa Esperança do Sul e Trabiçu também se instalaram em parte sobre as Terras Baixas ou adjacente a elas, margeando o rio Boa Esperança, outro afluente do Rio Jacaré-Guaçu, aproveitando o caráter de declives brandos de tais terrenos. O caráter alagável de parte das Terras Baixas teria também favorecido no passado, na segunda metade do século XX, o cultivo de arroz por roceiros, tal como nas áreas próximas ao rio Mogi-Guaçu (Cheliz, 2011) em Rincão. As cidades, porém, permaneceram na maior parte distantes destes segmentos da Terra Baixas, tendo elas mesmo atualmente usos predominantemente rurais – seja como áreas de pasto (figura 20E2 e 20F) ou de plantio, seja como locais de instalação de comunidades rurais (e.g – Taquaral, no município de Rincão, nas Terras Baixas do Mogi-Guaçu (Cheliz, 2011). Igualmente registra-se – em especial nas Terras Baixas do Mogi-Guaçu e do Ribeirão Anhumas – a prática de mineração, com portos de areia abrindo cavas em meio aos sedimentos de fundo de vale, sobretudo nos mais espessos e antigos (Cheliz, não publicado), para obtenção de areias e cascalho para uso na construção civil

Vulnerabilidades e impactos ambientais associados das Terras Baixas

As Terras Baixas apresentam largas áreas que apresentam tendência natural a extravasamento recorrente das águas dos grandes rios de fundo de vale local, representados pelas planícies de inundação dos rios Jacaré-Guaçu e Mogi-Guaçu (figuras 7 e 20). Julga-se, assim, que o acirramento da urbanização destes locais deve ser evitado, sobretudo quando existem numerosos outros terrenos com menores vulnerabilidades a este tipo de processo. De fato, as inundações periódicas do rio Jacaré-Guaçu por vezes levam já atualmente a obstruir ou dificultar temporariamente o fluxo de veículos na rodovia comandante Barros (figura 20G e 20H) que cruza a planície de inundação do citado rio. Igualmente, as inundações periódicas do citado rio e afluentes em alguns momentos chegam a deixar isolados animais que são ali levados para as usarem como área de pastagem (figura 20E2), e por vezes mesmo a afetar as áreas urbanas de Boa Esperança e Trabiçu.

Considera-se também que seria preferível que mesmo as unidades de relevo dos baixos terraços adjacentes a tais planícies de inundação não fossem incorporadas de maneira extensiva a manchas urbanas. Sobretudo, pela eventual expansão da impermeabilização de terrenos ou desmatamento de áreas florestais residuais possam contribuir para extravasamento periódicos das águas dos citados rios irem futuramente com mais frequência além dos limites da planície de inundação.

Pondera-se, ainda, que os trechos de canais fluviais e planícies de inundação das Terras Baixas que se situam próximos (~1000 m) a segmentos de maiores declives (>20 graus de inclinação) dos Patamares Transicionais (figuras 3 e 7) mostram-se como áreas especialmente vulneráveis a assoreamento. Sobretudo, nos trechos em que tais segmentos íngremes dos Patamares Transicionais mostrarem associação entre: 1 – áreas de afloramento de arenitos da Formação Botucatu (figura 4), 2 – áreas que apresentem crescimento de desmatamento para expansão de áreas agrícolas (sobretudo plantio de cana-de-açúcar) ou impermeabilização de solos. De fato, tem-se exemplo concreto em que tal dinâmica se mostra especialmente intensa em afluentes do Ribeirão Anhumas (figura 20I e 20J), a leste da sede municipal de Santa Lucia (Cheliz, 2011), adjacente

a alguns dos trechos localmente de maiores declives (figura 17A) dos Patamares Transicionais.

Tal dinâmica de predomínio de assoreamento em ao menos segmentos das Terras Baixas criada atualmente com contribuição da ação humana na modificação do uso dos solos regionais não é inédita na área, e se manifestou anteriormente por causas naturais. Estudos de Cheliz et al. (2021) apontam que a transição entre condições climáticas significativamente mais secas que as atuais para outras caracterizadas por amenização desta relativa pretérita semi-aridez entre 12.4 e 8 mil anos atrás contribuiu para ao menos em parte das Terras Baixas locais ocorrer então um entulhamento arenoso das planícies aluviais. Tal processo teria então se dado por conjunção de aumentos de precipitações regionais incidindo sobre terrenos dos Patamares Transicionais onde as formações florestais eram então pouco comuns, e predominavam gramíneas (herança da fase mais seca imediatamente anterior – Souza, 2010; Souza et al. 2013), pouco capazes de amenizar o impacto no terreno das gotas de chuvas. Mais tarde, com o maior desenvolvimento das formações florestais de cerradões que acompanhou o aumento relativo da umidade (Souza, 2010; e Souza et al. 2013), o fluxo sedimentar originado das encostas para as Terras Baixas se atenuou (Cheliz et al. 2021).

A ação humana pós-cabralina no meio físico, assim, contribuiu para recriar em parte um padrão de transporte e deposição de sedimentos que prevalecia num tempo distante em que as condições climáticas locais eram significativamente diferentes das atuais. Igualmente, a análise das transformações da paisagem deste passado distante também fornece uma sugestão de como amenizar a dinâmica atual de assoreamento de extensões importantes das Terras Baixas. A maior disseminação de formações florestais de cerradões nas encostas auxiliou neste tempo distante a diminuir o fluxo de sedimentos para os fundos de vale regionais ao longo do Holoceno Inicial, assim como a prática atual de reflorestamento parcial de ao menos parte das áreas mais sensíveis a erosão (figura 7) hoje não cobertas por matas, sobretudo dos terrenos ali caracterizados pela inflexão de declives brandos/intermediários para declives obtusos (e.g – figura 17A), poderia vir a ter efeito similar nos dias de hoje. Alternativamente e em paralelo, acentuação de modificações humanas do relevo das áreas de encostas próximas (e.g – intensificação de criação de terraços – degraus – artificiais nos

segmentos de maiores declives e materiais geológicos mais frágeis supracitados) pode contribuir para dissipar parte da energia cinética das águas em deslocamento rumo as Terras Baixas, diminuindo assim sua capacidade de remobilização de sedimentos para as planícies fluviais de fundo de vale.

Em paralelo, ressalta-se, também, que parte dos terraços locais podem em parte serem afetados por erosão devido as mudanças de uso dos solos das últimas décadas – seja por serem as áreas de recepção direta de de maiores torrentes de águas vindas dos Patamares Transicionais adjacentes; seja pelas próprias mudanças de uso dos próprios terraços (maior desmatamento, ou substituição de pastagem por cana-de-açúcar – Zanettini Arqueologia, 2005; Santos, 2011; Cheliz, 2011). Tal aumento da erosão dos terraços pode contribuir para um aporte sedimentar adicional para as planícies de inundação, agravando esta tendência regional de aumento de assoreamento desta partição das Terras Baixas locais

Considerações finais

O meio físico teve um importante papel na trajetória das sucessivas fases de ocupação urbana e rural do Oeste Paulista na região de Araraquara desde o século XVIII. As características propícias a ocupação (e.g – predominantes terrenos de declives brandos, solos férteis e fontes de água abundantes) contribuíram para a própria alocação e fundação dos núcleos iniciais de ocupação, e a inclusão da área na frente de expansão cafeeira para Oeste que se deu entre fim do século XIX e início do século XX. As áreas de ocupação urbana inicial se deram próximas as cumeadas da região, no compartimento de relevo dos Planaltos Residuais. Os fixos pioneiros da estrutura urbana de Araraquara (quadrilátero da matriz, estação ferroviária, bairro dos trabalhadores ferroviários, trilhos de trem), maior município da região, foram erguidos ao longo de terrenos de declives predominantemente suavizados (vertentes que bordejam o córrego da servidão, um dos rios que correm em meio ao Planalto local, afluente do Ribeirão do Ouro e integrante da bacia do Rio Jacaré-Guaçu). As estruturas urbanas que representavam as sedes iniciais do poder político, econômico e religioso local, por sua vez, também se inseriram de maneira estratégica em relação ao meio físico, situando-se adjacente ao limite entre elevados interflúvios semi-aplainados e vertentes

suavizadas nos Planaltos, de maneira a projetar na paisagem os poderes que representavam.

A expansão urbana que se deu ao longo do século XX, por sua vez, reservou os interflúvios semi-aplainados que emolduram o vale do Córrego da Servidão (onde se deu a ocupação inicial dos Planaltos Residuais) para importantes estruturas de apoio a ocupação (avenidas arteriais, garagem e oficina do sistema troleibus de transporte coletivo, estação de tratamento e distribuição de água), contribuindo para que a urbanização passasse a avançar mais intensamente para outros vales fluviais adjacentes do Planalto de Araraquara. Em paralelo, núcleos de ocupação menores, voltados majoritariamente para suporte rural, atrelados a estações ferroviárias instaladas nos ramais férreos, tais como os que se desmembravam a partir de Araraquara, instalavam-se tanto em interflúvios dos Planaltos Residuais (e.g - Américo Brasiliense, Santa Lucia e Dourado) quanto em segmentos de declives mais brandos de outros compartimentos de relevo regionais (e.g - Rincão, Boa Esperança do Sul). As principais fazendas e zonas rurais iniciais, por sua vez, se alocaram majoritariamente próximas a transição entre os Planaltos Residuais e as diversificadas vertentes que os bordejam (Patamares Transicionais). Vinculavam-se predominantemente a áreas que combinam a presença de relevos brandos-intermediários (3-10 graus de inclinação) do terreno, amplas exposições de solos férteis originados da alteração de rochas ígneas básicas, e proximidade de rios com pontuais cachoeiras (desníveis verticais locais por vezes superiores a 10 metros - fontes de energia mecânica e, num segundo momento, elétrica).

A longa trajetória de apropriação humana dos quadros do meio físico da área, em especial com a intensificação e ampliação da ocupação regional ao longo da segunda metade do século XX e início do século XXI - correlatas a expansão de manchas urbanas no Planalto Residual ligada a processo de desconcentração industrial paulista e ampliação de cultivo agrícola associada ao incentivo federal a agroindústria canavieira - nos compartimentos de relevo regionais, evidenciou, também, suas vulnerabilidades ambientais. Por vezes tais vulnerabilidades já se convertem em significativos impactos ambientais, dos quais destacam-se: 1 - as enchentes urbanas nos fundos de vale de mais densa urbanização dos Planaltos Residuais, 2 - a erosão de solos e rochas nas encostas dos Patamares Transicionais nos segmentos que combinam maiores inclinações e/

ou materiais geológicos mais frágeis e significativas ampliações da mancha urbana com contribuição da mecanização do campo e destruição de antigas colônias rurais e/ou do desmatamento para expansão das novas áreas agrícolas; 3 - assoreamento de rios que registra-se, sobretudo, nas cabeceiras de drenagem em áreas mais urbanizadas e de materiais geológicos mais propensos a desagregação dos Planaltos Residuais, e em canais das Terras Baixas adjacentes a segmentos dos Patamares Transicionais vinculados a maiores declives, materiais geológicos mais frágeis e/ou maior intensidade de desmatamento e impermeabilização ao longo do tempo.

Sugeriu-se medidas de uso, mudanças nas legislações municipais e adaptações que contribuiriam para amenizar tais supracitados problemas ambientais. Mostra-se, assim, haver condições concretas para se abrandar muitos desses impactos sem paralisar as atividades econômicas, as cidades e os campos regionais no tempo, uma vez que apesar da existência de áreas de alta vulnerabilidade ambiental, existem vastas extensões de terrenos de baixa vulnerabilidade capazes de garantir a expansão das atividades humanas. Para isso, porém, uma parte importante das opções atuais de prioridades usadas na normatização do uso do meio físico local – que por vezes favorecem interesses imediatistas, direcionando a ocupação para áreas ambientalmente suscetíveis, mesmo quando existem outras de menores vulnerabilidades disponíveis – poderiam ser revistas, enquanto ainda há tempo de se evitar que levem a agravamentos desnecessários dos quadros de impactos ambientais regionais.

Agradecimentos

O presente trabalho apresenta resultados parciais da tese de doutorado do primeiro autor, e resultados prévios de seu trabalho de TCC. Agradece-se a André Amaral (postumamente) e Higor Vanessa pela autorização de uso de suas fotografias aéreas (obtidas por voos tripulados em planadores e por operação de drone, respectivamente) no presente trabalho. O primeiro autor agradece a Regina Celia de Oliveira pela orientação na pesquisa de TCC, dedicado ao tema discutido neste texto. Agradece-se a Michel Françoso e Julia Michelutti Cheliz pela leitura prévia deste artigo e importantes sugestões feitas para seu aprofundamento. Agradece-se a Ricardo Bastos pelas relevantes informações

disponibilizadas, e disposição para uma leitura prévia e realização de sugestões para o texto. Agradeço a Cassiano, Isadora e Luis Ramos, pelas incursões conjuntas na zona rural de Araraquara. Agradecemos a Danilo Soares, do portal Araraquara, pela sua dedicação em arquivar e analisar fotos avulsas de enchentes da área urbana de Araraquara, tais como uma parte das usadas para compor as ilustrações do presente artigo.

Referencias

- Ab`Saber, A.N. 1956. Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. Tese de doutorado. USP, São Paulo.
- _____. 1969 Um Conceito de Geomorfologia à Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. Geomorfologia 18.
- _____. São Paulo: ensaios entreveros. 2004. Edusp.
- _____. 1994. Redutos florestais, refúgios de fauna e refúgios de homcns. Revista de Arqueologia, São Paulo. 8(2), 1-35.
- Almeida, N. M.. 1948. Álbum de Araraquara.. São Paulo, “O papel” Ltda.
- Almeida, F.F.M. 1964. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo
- Almeida, I.L.C. 2020. É tudo baiano, mas é misturado: dinâmica migratória em Américo Brasiliense, aspectos de um problema nacional. Dissertação de mestrado. UNESP, Araraquara.
- Araujo Neto, I; Dantas, G.C; De Lira, D. 2012a. A análise ambiental no município de Araraquara. Disponível em: < https://issuu.com/rimaeditora/docs/anaisjah_u >
- Araujo Neto, I; Dantas, G.C; De Lira, D. 2021b. O Mapeamento de Nascentes no Município de Araraquara. Disponível em: < https://issuu.com/rimaeditora/docs/anaisjah_u >
- Assemae. 2018. DAAE Araraquara conclui desassoreamento. Disponível em: <http://www.assemae.org.br/noticias/item/4381-daae-conclui-desassoreamento-de-represa-em-araraquara>
- Barros, P.L. 1935. Notas genealógicas da família Paula Leite: ramo localizado em Itú. Graphica Paulista.
- Bastide, R. 1959 Brasil: terra de contrastes.
- Boisvert, K. 2020. The Impact of Urbanization on Environmental Systems and Applications to Urban Sustainability: A Case Study of the

- Atlanta Metro Region, Georgia. Emory University.
- Cheliz, P.M., 2011. A modernização das bases da rede urbana (região de Araraquara, SP): memórias, perspectivas e impactos.
- Cheliz, P.M., 2012. A modernização das bases da rede urbana (Araraquara, SP): impactos e perspectivas.
- Cheliz, P.M., 2013a. Carta aberta para a Câmara Municipal de Araraquara sobre implicações do novo plano diretor para a preservação do Aquífero Guarani. Disponível em: https://issuu.com/pedromcheliz/docs/araraquara_aquifero_guarani
- Cheliz, P.M., 2013b. Recursos hídricos e o novo plano diretor de Araraquara (SP).
- Cheliz, P.M., 2014a. Breves observações sobre proposta de plano diretor aprovada com emendas por vereadores em Araraquara em Janeiro de 2014.
- Cheliz, P.M., 2014b. Problemas ambientais da região de Araraquara (SP)
- Cheliz, P.M., 2016. Aspectos geomorfológicos da Antiga Araraquara, com ênfase para subsídios para interface entre sítios arqueológicos líticos e quadros de relevo.
- Cheliz, P.M.; Oliveira, R.C.; Ladeira, F.S.B. 2013. Meio ambiente e transformações urbanas em Araraquara (SP): contribuição ao conhecimento das bases físico-ambientais municipais.
- Cheliz, P.M.; Oliveira, R.C. 2013. Terceiro milênio e velhos conflitos: o novo plano diretor de Araraquara. *Minha Cidade*.
- Cheliz, P.M.; Oliveira, R.C. 2020. Mundialização, riscos e impactos ambientais no litoral brasileiro: a Baixada Santista. In: *Risco e Vulnerabilidade Ambiental: métodos e experiências*.
- Cheliz, P.M. 2017. Nota sobre padrões de expansão urbana e locais de alocação dos novos loteamentos na Zona Norte de Araraquara. *Portal Araraquara*.
- Cheliz, P.M.; Moreno de Sousa, J.; Mingatos, G.; Okumura, M.; Araujo, A. 2020. A ocupação humana antiga (11-7 mil anos atrás) do Planalto Meridional Brasileiro: caracterização geomorfológica, geológica, paleoclimática e tecnológica de sítios arqueológicos relacionados a três distintas indústrias líticas. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, p 2553-2585. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p2553-2585>
- Cheliz, P.M.; Ladeira, F.S.B.; Rodrigues, J.A.; Giannini, P.C.F.; Pupim, F.; Desiree, T.; Rodrigues, R., 2021. Landscape evolution and unusual geomorphological-pedological-chronological relations in an alluvial plain associated with early Amerindian settlement in southeastern Brazil. *Quaternary International*. DOI: 10.1016/j.quaint.2021.06.016
- Cheliz, P.M.; Correa, L.; Moreno de Sousa, J.C.; Rodrigues, R.; Rodrigues, J. 2021. Early human-Earth interactions and the initial peopling of the lowlands of southeastern South America (São Paulo, Brazil). *Revista Brasileira de Geografia Física*.
- Cheliz. Não publicado. Geomorfologia, transformações ambientais e ocupação humana da Antiga Araraquara. Tese de doutorado.
- Cano, W., 1987. Desequilíbrios regionais e concentração industrial no Brasil: 1930-1970. UNICAMP.
- Cano, W., 1997. Concentração e desconcentração econômica regional no Brasil. *Economia e Sociedade* 8, p 101-141.
- Corrêa, A, M.M., 2008. Araraquara 1720-1930: um capítulo da história do café em São Paulo. São Paulo: Cultura Acadêmica.
- Corrêa, P.L., 1968. A Abolição em Araraquara. In: *Revista do Imparcial*.
- Camargo, C.; Oliveira, J.; Basílio, A., 2021. Impactos do processo de expansão urbana recente no Sistema de Transporte Público Coletivo de Araraquara-SP. *Anais do 9 Congresso Luso-brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável (PLURIS 2021 DIGITAL)*.
- Chediek, E. Apresentação do Projeto de VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) para Araraquara. 2013.
- DAAE. 2014. Plano Municipal de Saneamento Básico.
- DAAE. 2020. Portal Transparência.
- DAAE. 2021. Simioni acompanha medição final da obra de desassoreamento da Represa das Cruzes. Disponível em: <https://daae-araraquara.com.br/daae-simioni-acompanha-medicao-final-da-obra-de-desassoreamento-da-represa-das-cruzes/>
- Falcowski, L. 2007. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de

- Araraquara: instrumentos urbanísticos inovadores e agenda para uma cidade sustentável. In: PLANOS diretores municipais novos conceitos de planejamento territorial. São Paulo, AnnaBlume,
- alcoski, L. 2013. O Plano Diretor Participativo da LC 350/2005 e a Cidade-Jardim de Araraquara: contra um processo de revisão tradicional para um futuro insustentável.
- Figueirôa, S.F.M; Dantes, M.A.M., 1987. Modernos bandeirantes: a Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo e a Exploração Científica do território paulista (1886-1931). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- Françoso, M., 2015. A MODERNIDADE É UMA SERPENTE. 2015. Dissertação de mestrado. Unesp. Araraquara.
- Gigliotti, M. 2010. Zoneamento Geoambiental da Região da Baixada Santista-SP como subsídio ao uso e ocupação das terras. Unicamp
- Gonçalves, L.M. 2005. Os vazios urbanos na estruturação da cidade de Araraquara. Tese de doutorado. USP
- Guerra, F. C., 2020. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS AOS RISCOS HIDROLÓGICOS: INUNDAÇÕES EM BRAGANÇA PAULISTA -SP. Dissertação (mestrado em Geografia). UNESP.. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/192918>
- Hirata, R.; Ucci, M.; Warhmfried, I.; Viviani-Lima, J. 2012. Exploração do Sistema Aquífero Guarani em Araraquara. Geologia USP - Série Científica. DOI: <http://dx.doi.org/10.5327/Z1519-874X2012000200008>
- IBGE. Cartas Topográficas 1:50000 – folhas Araraquara, Rincão, Boa Esperança do Sul e Ribeirão Bonito. 1972.
- IGC. 2008. Mapeamento das áreas de risco a escorregamentos, inundações e erosão do município de Araraquara, Bebedouro, Rincão, São Luiz de Paraitinga, Sertãozinho. Projeto de análise geológico coordenada por Daniela Gírio Marchiori Faria.
- _____. 2020. Carta topográfica do Estado de São Paulo em escala 1:10000, com base em dados obtidos entre 1970 e 1996.
- emos, A. 1999. História de Araraquara. Edição do Museu Histórico e Pedagógico Voluntários da Pátria e Prefeitura Municipal de Araraquara.
- Leite, C. Diagnóstico Socioambiental da Bacia da Represa de Captação de Água do Ribeirão das Cruzes. 2017.
- Lisle, R; Brabham, P; Barnes, J. 2011. Basic Geological Mapping. 5ed.
- Mano, M. Os campos de Araraquara: um estudo de história indígena no interior paulista. 2006. 357p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/280084>>. Acesso em: 5 ago. 2018.
- Meaulo, F. 2004. Vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP). Dissertação. UNESP. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92800/meaulo_fj_me_rcla.pdf?sequence=1
- Meaulo, F. 2007. Caracterização geológica, hidrogeológica e o mapeamento da vulnerabilidade natural à poluição dos aquíferos, na escala 1:25.000, das áreas urbana e de expansão do município de Araraquara-SP. 2007
- Mendonça, J; Queda, O. 2018. A agroindústria canavieira na região de Araraquara: a formação das usinas e os efeitos do processo de desregulamentação.
- Menzori, I; Falcoski, L. 2016. Estudo das Áreas Especiais de Interesse Social e Áreas de Preservação e Recuperação de Mananciais: O Caso do Programa Minha Casa Minha Vida em Araraquara/SP. In: Pluris.
- Menzori, I; Falcoski, L. 2017. Mapeamento e análise das áreas de preservação permanente e dos corredores de integração ecológica de Araraquara, SP. Ambiente Construído 17 p 7-20.
- Menzori, I. D. 2018. Dinâmicas territoriais e os corredores verdes como modelos de estruturação espacial urbana: abordagens inter-relacionais na cidade de Araraquara-SP.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.
- Menzori, I.D; Sousa, I.C.N; Gonçalves, L. 2021. Urban growth management and territorial governance approaches: A master plans conformance analysis. Land Use Policy 105.
- Mirabella, N; Allacker, K. 2018. The Assessment of Urban Environmental Impacts through the

- City Environmental Footprint: Methodological Framework and First Approach to the Built Environment. *Procedia CIRP* 68 P 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.063>
- Nagel, G. W., Terra, F. da S., Oliveira, J. S. de, Horak-Terra, I.; Beskow, S. 2020. Cálculo da curva número para bacia hidrográfica urbana utilizando diferentes abordagens de classificação para imagem orbital RapidEye: estudo de caso para o arroio Pepino (Pelotas, RS). *Pesquisas Em Geociências*, 47(2), e092016. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.108583>
- Oliveira, S. Ocupação Antrópica da Bacia do Ribeirão das Cruzes em ARARAQUARA, SP: Análise e Proposições. Tese de doutorado. 2017. UFSCAR. Disponível em: < https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5038762 >
- Papy, L. 1957 A Margem do Império do Café – A Fachada Atlântica de São Paulo. *Boletim Geográfico* 137, p 139-163.
- Perussi, A. 2019. Diagnóstico ambiental de voçorocas localizadas em São Pedro (SP): análise temporal e proposta de recuperação. 2019. 73 f. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2019.
- Pierini, C; Falcowski, L. 2019. A evolução Urbana do município de ARARAQUARA (SP): Uma crítica ao espraiamento. *Revista Húmus* v 9 n 26.
- Piuci, J; Nóbile, H. 1985. Conhecimento do aquífero botucatu na cidade de Araraquara - SP. *Rev. IG, São Paulo*, 6(112);23-37, jan./dez. 1985
- Prado Junior, C. 1983. A cidade de São Paulo Prefeitura Municipal de Araraquara. 2021. Plantas da área histórica de Araraquara Prefeitura Municipal de Araraquara. 2021. Desassoreamento já retirou 13,8 mil m³ de sedimentos da Represa das Cruzes. 2021. <http://www.araraquara.sp.gov.br/noticias/2021/outubro/08/desassoreamento-ja-retirou-13-8-mil-m3-de-sedimentos-da-represa-das-cruzes2021>
- Prefeitura Municipal de Santa Lucia. 2011. Arquivo fotográfico.
- Raith, M.; Raase, P.; Reinhardt, J., 2014. Guia para microscopia de minerais em lâminas delgadas. Tradução para o português: Gastal, M; Gomes, M.
- Ross, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Rev. Geografia*. São Paulo, IG-USP, 1992
- Siqueira, B.; Nery, J.T. 2018. A dinâmica climática e a variabilidade da precipitação no estado de São Paulo: o índice de precipitação e o índice de precipitação concentrada. *Caminhos da Geografia* 18. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG196707>
- Silva, H; Tosi, P. 2020. Engenheiros e fazendeiros em uma ferrovia de capitais caipiras: a Estrada de Ferro Araraquara e os contornos da grande empresa de serviços públicos na primeira república. *História* 39. 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-4369e2020028>
- Sousa Filho, C. Lógica Fuzzy. 2010.
- Souza, J.M.V. 2002. Araraquara 212 anos de história. 1 edição. Editora Compacta. São Carlos
- Souza, M.M., 2010, Palinologia em sedimentos quaternários, localizados na Estação do Instituto Florestal de Jataí, SP. Master thesis. Campinas, IG-UNICAMP
- Souza, M; Branco, F; Jasper, A; Pesseda, L.. 2013. Paleoenvironmental evolution during the Holocene in the Northeast of São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 16(2):297-308. 2013. https://www.sbpbrasil.org/assets/uploads/files/rbp16-2/10_Souza_et_al_pg_297-308.pdf. DOI: 10.4072/rbp.2013.2.10
- Takenaka, R., 2002. Qualidade de água no sistema de captação e na estação de tratamento de água Fonte Luminosa, Araraquara (SP). Dissertação de mestrado. São Carlos, USP. https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-24012017-144219/publico/Dissert_Takenaka_RenataA_corrige.pdf
- Telarolli, R. 1977. Poder local na república velha. Editora Companhia Nacional. Coleção Brasileira. Volume 364
- _____. 2003. Para uma história de Araraquara: 1800 a 2000. Araraquara: UNESP, FCL, Laboratório Editorial.
- TRICART, J. 1977 Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE.

Zancope, M. 2008. Análise morfodinâmica do Rio Mogi Guaçu. Tese de doutorado. Unicamp. Campinas.