



www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 20, nº 2 (2019)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1562>



TERRAÇOS FLUVIAIS COMO INDICADORES DA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA NO QUATERNÁRIO: ESTUDO DE CASO NA DEPRESSÃO PERIFÉRICA PAULISTA

FLUVIAL TERRACES AS INDICATORS OF QUATERNARY GEOMORPHOLOGICAL DYNAMICS: A CASE STUDY IN THE PAULISTA PERIPHERAL DEPRESSION

Cenira Maria Lupinacci

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Avenida 24A, nº 1515, Cx. Postal 178, Rio Claro, São Paulo. CEP: 13.506-900. Brasil

ORCID: orcid.org/0000-0002-4732-1421

E-mail: cenira.lupinacci@unesp.br

Tissiana de Almeida de Souza

Agência Sudeste 1, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Rua Urussuí, nº 93, São Paulo, São Paulo. CEP: 04542-050. Brasil

ORCID: orcid.org/0000-0002-4053-052X

E-mail: tissisouza@yahoo.com.br

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):

07/01/2019

Aceito (Accepted):

14/03/2019

Palavras-chave:

Quaternário; Terraços fluviais;
Depressão Periférica Paulista.

Keywords:

Quaternary; Fluvial terraces;
Paulista Peripheral Depression.

Resumo:

Os terraços fluviais são considerados formas de relevo “chave” para o entendimento das mudanças ambientais na escala de tempo da natureza, atuando como paleo-indicadores de processos morfogenéticos ocorridos durante o Quaternário, sobretudo no Holoceno. O método de datação absoluta por Luminescência tem se mostrado vantajoso para a obtenção de idades dos materiais constituintes de terraços fluviais, devido à sua possibilidade de aplicação em diversas condições ambientais, a tipos de materiais distintos e através de diferentes técnicas. Diante destas considerações, o objetivo desse artigo foi colaborar com o entendimento da evolução do relevo durante o Quaternário, no setor da Depressão Periférica presente no interior do Estado de São Paulo. Para isso, foi analisada a evolução geocronológica dos terraços fluviais da Alta Bacia do Rio Passa Cinco, localizada nos municípios de Ipeúna e de Itirapina, através da análise das idades obtidas pelo método de datação por Luminescência Ópticamente Estimulada, da apresentação das análises granulométricas dos materiais que compõem estes depósitos e da comparação com trabalhos anteriores que utilizaram métodos de datação em terraços fluviais na Bacia Sedimentar do Paraná. Foram obtidas as idades de 6 amostras de terraços fluviais, as quais permitiram a proposta de uma sequência geocronológica de 4 fases para a elaboração dos terraços da área estudada, a saber: 1) entre 37.700 e 32.250 anos A. P.; 2) entre 3.000 e 2.000 anos A. P.; 3) Em 1.470 anos A. P.; e 4) 600 anos A. P. Considerando a proposta de outros autores para a região, avaliou-se que parte dessas fases se desenvolveram em condições climáticas mais secas que a atual, demonstrando a dinâmica quaternária de evolução da bacia analisada.

Abstract:

Fluvial terraces are considered key relief markers to understand environmental changes in the nature time scale, acting as paleo-indicators of morphogenetic processes occurred during the Quaternary, especially the Holocene. The absolute dating method through Luminescence has been considered very effective for obtaining the ages of the material constituting fluvial terraces, once it can be applied to several materials, in different environmental conditions and through different techniques. Therefore, the aim of this study is to provide information on the evolution of the relief during the Quaternary, analyzing the sector of the Peripheral Depression, countryside of São Paulo state. For this, the geochronological evolution of the fluvial terraces of Passa Cinco River Upper Basin, located in the municipalities of Ipeúna and Itirapina, was interpreted through the analysis of Optically Stimulated Luminescence (OSL) data, granulometry of the material composing the deposits, and comparison with academic studies which performed dating methods in the fluvial terraces of Parana Sedimentary Basin. The ages of 6 fluvial terrace samples were obtained, these results allowed the proposal of a geochronological sequence of 4 phases for Passa Cinco River Upper Basin: 1) between 37,700 and 32,250 years B.P.; 2) between 3,000 and 2,000 years B.P.; 3) 1,470 years B.P.; and 4) 600 years B.P. Considering the proposal of other authors for the region, it was evaluated that part of these phases were developed in drier climates than the current, demonstrating the quaternary dynamics of evolution of the basin.

1. Introdução

Em áreas continentais interiores, a gênese e a evolução dos terraços fluviais constituem-se em importante aliado para compreender as mudanças do ambiente na escala recente do tempo da natureza (SILVA; CORRÊA, 2009; DIAS; PEREZ FILHO, 2015). Estas formas deposicionais são consideradas “chaves” para o entendimento da interação entre litoestrutura e clima nos sistemas abertos, atuando como paleo-indicadores ambientais de processos morfogenéticos que atuaram no Quaternário, sobretudo no Holoceno (DIAS; PEREZ FILHO, 2015).

Para o estudo dos terraços fluviais, o método de datação absoluta por Luminescência tem se mostrado vantajoso em relação ao tradicional método de datação por Radiocarbono (C_{14}), devido ao fato de que pode ser aplicado através de diversas técnicas, em condições ambientais distintas e em diferentes tipos de materiais (DULLER, 2004). De acordo com Mellett (2013), o método da Luminescência possibilita a utilização de materiais comuns presentes em diversos ambientes, o que permite a extensão de pesquisas para diversas paisagens terrestres.

Outro aspecto positivo da datação absoluta através da Luminescência, segundo Missura e Corrêa (2007), é a realização de estudos em depósitos sedimentares dotados de grãos de quartzo e feldspatos. Sallun *et al.* (2007) enfatizam a não-necessidade de restos orgânicos nas amostras, já que muitos sistemas geomorfológicos são predominantemente compostos por materiais siliciclásticos, nos quais o uso da técnica do C_{14} é restrita (MELLETT, 2013).

Diante das considerações apresentadas, o objetivo desse estudo foi colaborar com o entendimento da evolução do relevo durante o Quaternário Tardio, no setor da Depressão Periférica Paulista. Para isso, foram analisados os materiais constituintes dos terraços fluviais da Alta Bacia do Rio Passa Cinco, localizada nos municípios paulistas de Ipeúna e de Itirapina, através da identificação dos períodos deposicionais pelo método de datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). Os dados geocronológicos obtidos foram avaliados em conjunto com análises granulométricas dos materiais que compõem estes depósitos, assim como comparados com publicações que utilizaram métodos de datação em terraços fluviais na Bacia Sedimentar do Paraná.

A Alta Bacia do Rio Passa Cinco está situada no setor centro-leste do Estado de São Paulo, em uma área transicional entre as Cuestas Arenito Basálticas e a Depressão Periférica Paulista. De acordo com Pinheiro e Queiroz Neto (2014), o entendimento da gênese destes dois grandes compartimentos do relevo paulista constitui-se em aspecto controverso da Geomorfologia do Estado de São Paulo. Isto se deve ao fato de existirem interpretações distintas, a seguir apresentadas, quanto aos processos evolutivos responsáveis pela formação do relevo nesses setores.

2. A Área de Estudo

A Alta Bacia do Rio Passa Cinco estende-se da nascente do Rio Passa Cinco, localizada na Serra da Cachoeira (município de Itirapina), até a confluência com o Rio da Cabeça (município de Ipeúna), compreendendo uma área total de aproximadamente 288 km².

Sua topografia é marcada pela presença das escarpas cuestiformes, pelo setor rebaixado da Depressão Periférica e por um conjunto de cinco morros testemunhos

– Biziguelli, Guarita, Baú, Pelado e Interflúvio Cantagalo-Passa Cinco - que se destacam topograficamente de suas áreas de entorno (Figura 1).

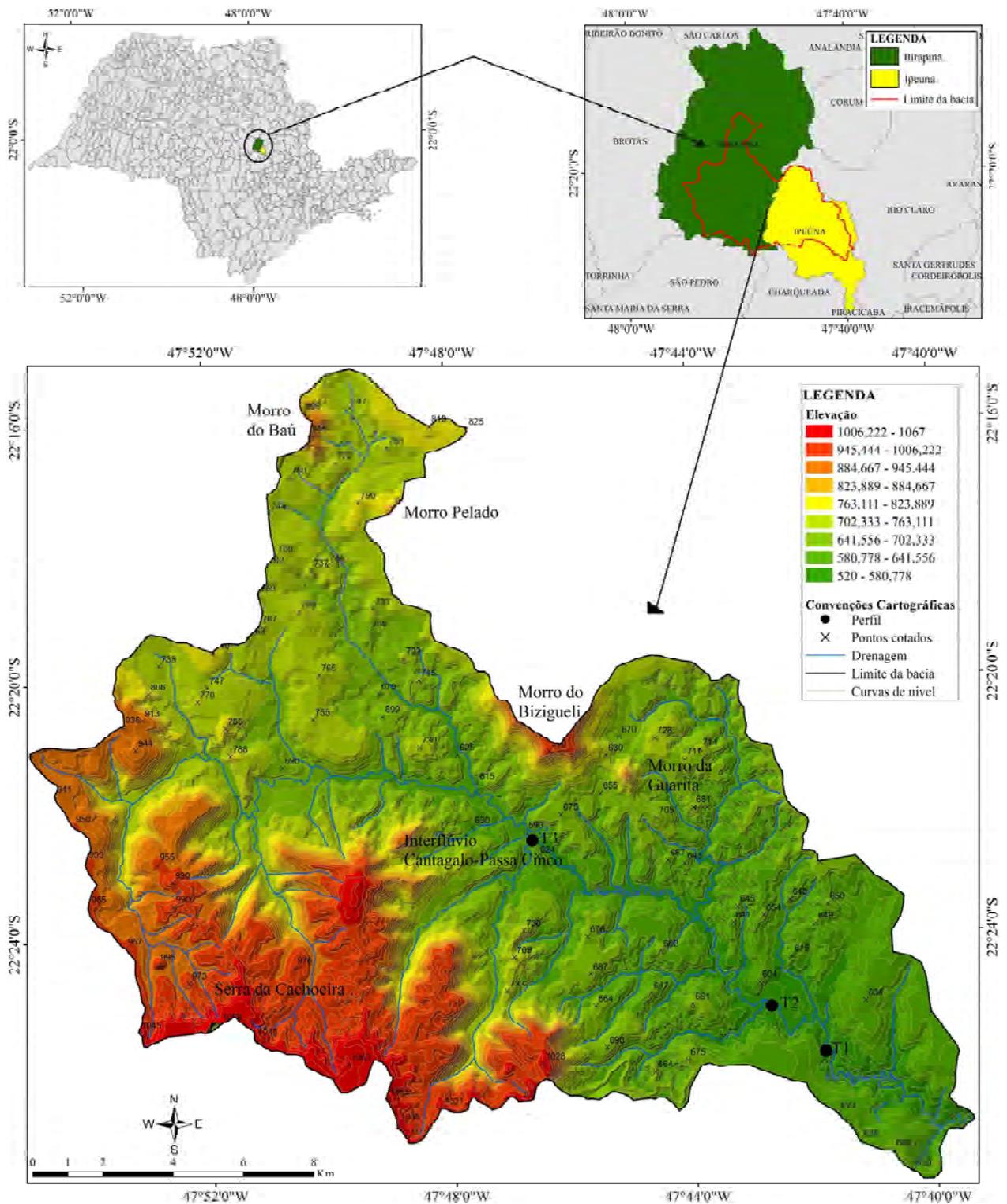


Figura 1 – Localização da área de estudo e dos perfis de terraço. Os tons avermelhados e alaranjados destacam o setor de Cuestas Arenito-Basálticas e de Morros Testemunhos. Os tons de verde constituem a Depressão Periférica Paulista, setor no qual estão destacados os três perfis de terraço escolhidos para análise laboratorial. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1969a, 1969b, 2015). Elaborado pelas autoras (2018).

Almeida (1949) afirma que as Cuestas evoluíram a partir da erosão fluvial em conjunto com a atual condição climática. A Depressão Periférica resultaria da erosão diferencial aliada ao trabalho dos cursos d'água com nascentes no Escudo Cristalino. Para Ab'Saber (1969), a circundesnudação é o principal fator responsável pela origem da Depressão Periférica. A escavação e o rebaixamento da área teriam ocorrido em uma longa etapa erosiva entre Eoceno e Plioceno, seguida por uma fase de pediplanação intertropical extensiva. Penteado (1976) destaca a importância de estudos voltados para a questão da ação tectônica visando o entendimento da gênese e evolução do relevo do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista.

Segundo Vieira (1982), a Depressão Periférica apresenta origem tectônico-erosiva. Durante a separação entre Brasil e África, com apogeu durante o Cenozoico, a Bacia Sedimentar do Paraná passou por um processo tectônico que resultou em soerguimento da região continental emersa. O acúmulo de magma no Jurássico e no Cretáceo teria criado um desequilíbrio isostático, que associado com o contínuo preenchimento da Bacia do Paraná por sedimentos, teria resultado em uma reativação de extensas e antigas linhas de fraqueza durante o Terciário, originando grandes falhamentos. O Projeto RADAMBRASIL (1983) considera a Depressão Periférica como um produto da atuação conjunta entre fatores de natureza tectônica/estrutural e de alterações climáticas.

Facincani (2000) detalha a questão da atuação tectônica apontando que as Cuestas Arenito Basálticas e a Depressão Periférica Paulista apresentam evolução associada a um evento distensivo pré-atual relacionado à deposição de coberturas terciárias, e um segundo evento transcorrente (atual) relacionado com a rotação da Placa Sul-Americana para oeste, que interferiu nos depósitos coluvionares modernos, na presença de facetas triangulares e trapezoidais, ocorrência de *shutter ridges*, existência de capturas, cotovelos de drenagem e assimetria de vales e terraços.

Godoy *et al.* (2006) afirmam que a borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, na qual está localizada a Depressão Periférica Paulista, apresenta influências tectônicas desde a ruptura do Gondwana, durante o Mesozoico-Cenozoico. Após a abertura do Oceano Atlântico, a Bacia do Paraná continuou a evoluir tectonicamente, através da reativação de estruturas do embasamento adjacente ao pacote sedimentar. Consequentemente,

as camadas constituintes da bacia sedimentar sofreram deslocamentos, os quais deram origem a alinhamentos vinculados a zonas de falha, diques, *sills* de diabásio e altos estruturais.

Pinheiro e Queiroz Neto (2014; 2015) destacaram que, além dos processos de circundesnudação, as áreas de Cuestas e da Depressão Periférica, na região de São Pedro (SP), apresentam aspectos de controle tectônico na configuração do relevo, como as características geométricas da Serra Geral (Cuestas), o traçado retilíneo das drenagens, deformidades de perfis longitudinais dos canais fluviais, ascensões e subsidência lenta de blocos, com destaque para o truncamentos de depósitos quaternários pela presença de falhamentos.

Dessa forma, compreende-se que a análise dos depósitos quaternários se constitui em ferramenta imprescindível para a compreensão da relação entre as ações climáticas e tectônicas na gênese do relevo de Cuestas. Faz-se necessário, portanto, além das técnicas convencionais, a utilização de procedimentos modernos, em especial os referentes à datação de sedimentos, que podem complementar e contribuir com os resultados relacionados à origem e desenvolvimento das formas de relevo destes compartimentos do Estado de São Paulo.

3. Métodos e Técnicas

O método da Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) trabalha com a acumulação de cargas radioativas nos minerais cristalinos, ocorridas a partir do aprisionamento de populações de elétrons. Assim, é possível calcular o tempo médio no qual os elétrons que se encontram atualmente aprisionados foram liberados pela última vez (CORRÊA, *et al* 2002), podendo ser determinado o último período em que os materiais constituintes de um depósito sedimentar foram expostos à luz solar (CORRÊA, *et al* 2008).

As áreas de terraços fluviais nas quais foram realizadas as coletas de amostras para datação absoluta por LOE, tiveram sua seleção através da análise da Carta Geomorfológica da área de estudo elaborada em escala 1:50.000 (SOUZA, 2017). Nesse documento cartográfico havia o registro da existência desses terraços e de sua extensão; assim, buscou-se pelos mais extensos e que apresentavam desnível altimétrico considerável do curso fluvial. Além disso, com o apoio de imagens Google Earth Pro®, foi avaliada a acessibilidade aos locais escolhidos.

Em seguida, foram realizados trabalhos de campo, inicialmente de reconhecimento para a comprovação da presença de perfis para amostragem e, posteriormente, foram realizadas novas saídas a campo para a coleta das amostras. Três perfis de terraços fluviais foram viáveis de serem avaliados, sendo 2 destes situados às margens do Rio Passa Cinco, nomeados de T1 e T2, e um localizado no Córrego Cantagalo (afluente do Rio Passa Cinco), designado de T3.

O procedimento para recolhimento das amostras foi iniciado com a limpeza dos perfis através do uso de enxada e pá reta, para que as camadas constituintes dos terraços fluviais ficassem expostas. Em um segundo momento, foram registradas as informações alusivas à descrição dos perfis: nomes dos sítios, nomenclatura

das amostras, localização geográfica (latitude e longitude), altitudes, identificação da quantidade de camadas constituintes, quantificação da espessura das camadas, identificação das cores dos sedimentos através do Sistema Munsell e da altura em relação às planícies fluviais e às drenagens.

A terceira etapa consistiu na escolha das camadas das quais os materiais seriam coletados. Optou-se por estratos homogêneos, livres de cascalheiras, seixos, bioturbações e matéria orgânica. Em todos os perfis, a primeira camada foi descartada, pois se constituía do horizonte de alteração, apresentando com frequência raízes e sinais de bioturbações. No total, foram coletadas 6 amostras (duas em cada perfil), cujas informações estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1: Características das amostras coletadas nos Perfis T1, T2 e T3:

AMOSTRA	NOME DO SÍTIO	LOCALIZAÇÃO	ALTITUDE (em m)	CAMADA DE COLETA	PROFUNDIDADE (em cm)	COR
T1A1	Ponte SP191 km86	22°25'52" S 47°41'52" O	543	2ª	60	5YR 4/2 - Cinza avermelhado escuro (Dark reddish grey)
T1A2				4ª	125	2,5YR 3/4 - Marrom avermelhado escuro (Dark reddish brown)
T2A1	Estrada Municipal Angelico Viana	22°25'09" S 47°42'46" O	544	2ª	70	2,5YR 4/4 - Marrom avermelhado (Reddish brown)
T2A2				3ª	245	5YR 5/4 - Marrom avermelhado (Reddish brown)
T3A1	Córrego Cantagalo	22°22'32" S 47°46'40" O	579	2ª	60	2,5YR 8/2 - Branco rosado (Pink White) 7,5YR 6/8 - Amarelo avermelhado (Reddish yellow).
T3A2				3ª	115	5YR 5/6 - Vermelho amarelado (Yellowish red).

Fonte: Organizado pelas autoras (2018).

O procedimento de coleta das amostras foi realizado com a inserção horizontal de tubos de Policloreto de Vinila (PVC) - com 40 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro – no interior das camadas selecionadas, com o auxílio de martelo e/ou marreta. Para a retirada

dos tubos, foram realizadas pequenas escavações em seus entornos, para que os sedimentos armazenados no interior destes não fossem misturados ou fragmentados, o que causaria a perda da amostra ou a inversão das idades em laboratório. A amostragem foi realizada

sob lona preta, impedindo a passagem de luz solar. A extremidade do tubo de PVC, contendo a amostra, foi vedada no escuro com tampa própria e, finalmente, o tubo foi armazenado em um saco preto de polietileno, para assegurar que a amostra não sofresse exposição à luz caso houvesse uma rachadura no tubo.

As amostras foram enviadas para o laboratório Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA, situado na cidade de Mogi Mirim (SP), sob a responsabilidade do Dr. Silvio Luiz Miranda Brito. Foi utilizado o *Protocolo SAR – Single Aliquot Renerative-Dose* (MURRAY; WINTLE, 2000; WINTLE; MURRAY, 2006) de 15 alíquotas, no qual são realizadas 15 curvas de calibração para a obtenção de 15 idades, a partir das quais se adquire uma idade média para cada uma das amostras.

Foram coletadas também amostras deformadas dos materiais constituintes dos terraços fluviais nas mesmas profundidades que as amostras enviadas para datação por LOE; estas amostras foram enviadas para análise granulométrica. A análise granulométrica foi realizada seguindo o Protocolo POP 003 (Procedimento Operacional Padrão 003 Granulometria), método da pipeta, conforme recomendação de Camargo et al. (2009), utilizada também pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

4. Características do entorno e idade dos materiais constituintes dos terraços analisados

Os perfis de terraços fluviais - T1, T2 e T3 - selecionados para a coleta das amostras são a seguir caracterizados a fim de embasar a discussão das idades obtidas para os materiais constituintes.

O Perfil T1 está localizado no setor sudeste da área de estudo, na margem direita do Rio Passa Cinco, sobre folhelhos e calcários dolimíticos da Formação Irati (Figura 2A), de idade Permiana Superior (IPT, 1981), recobertos por Argissolos. O entorno é caracterizado pela presença de um lineamento principal de direção NW-SE (FACINCANI, 2000) e lineamentos secundários, que são marcados por drenagens de 2ª ordem ou superiores (ANDRADE, 2017) (Figura 2A). Neste ponto, o Rio Passa Cinco é assinalado por fundo de vale plano (Figura 2A), com declive <2% (Figura 2B), delimitado por vertentes dissimétricas caracterizadas por presença de rupturas topográficas abruptas (Figura 2A). Observa-se na margem direita do Rio Passa Cinco uma vertente retilínea de declividades médias (5-12% e 12-

30%), enquanto a margem esquerda apresenta-se com inclinação mais suavizada (Figura 2B). A profundidade de dissecação apresenta baixos valores (Figura 2C), o que indica uma variação altimétrica pouco perceptível, enquanto a densidade de drenagem (Figura 2D) mostra concentração da energia por ação fluvial, representada por valores intermediários.

No Perfil T1 (Figura 3), foi encontrado um estrato de 0 a 33 cm de profundidade, dotado de materiais grosseiros (seixos, cascalheira e carvão) e bioturbações. A Camada 2, de 33 a 63 cm de profundidade, apresentou características homogêneas, sendo predominantemente formada por areia (91,8%), com presença de argila (4,8%) e silte (3,31%). Segundo a Classificação Textural USDA, o material é categorizado como Areia. Na altura de 60 cm foi coletada a amostra T1A1 cuja idade LOE obtida foi de 1.460 ± 110 anos A.P., tendo sua deposição ocorrido durante o Holoceno Superior. De 63 a 115 cm de profundidade, a terceira camada foi considerada heterogênea, de características siltosas e arenosas e apresentando cascalheira grosseira, com diferentes tipos de materiais. Devido à diversidade em sua composição, foi descartada da análise por LOE. A partir de 115 cm de profundidade, inicia-se uma 4ª camada predominantemente arenosa, com 89% de constituição por este tipo de material. O restante é constituído por 7,5% de argila e 3,3% de silte. Na amostra T1A2 foi obtida idade de 2.000 ± 275 anos A.P., indicando a deposição desta camada no Holoceno Superior.

O Perfil T2 (Figura 4) está localizado a aproximadamente 1,2 km da área urbana de Ipeúna, na margem direita do Rio Passa Cinco, situando-se sobre os argilitos e siltitos permianos da Formação Corumbataí (Figura 4A), os quais são predominantemente recobertos por Argissolos. Um complexo conjunto de lineamentos foi cartografado por Facincani (2000) no entorno de T2 (Figura 4A), com ocorrência de um grande lineamento de direção NW-SE, seguido por dois lineamentos secundários de sentido aproximado N-S e E-W. O Perfil T2 está estabelecido em trecho de baixa declividade (<2%) (Figura 4B), no qual o Rio Passa Cinco apresenta vale de fundo plano (Figura 4A). Em ambas as margens, predominam vertentes de declive suave (Figura 4B). A jusante de T2 encontra-se uma área de mineração. A profundidade de dissecação é assinalada por valores baixos, em tonalidades verdes (Figura 4C). A densidade de drenagem é marcada por valores intermediários (Figura 4D), caracterizados pelas cores amarelo e laranja.

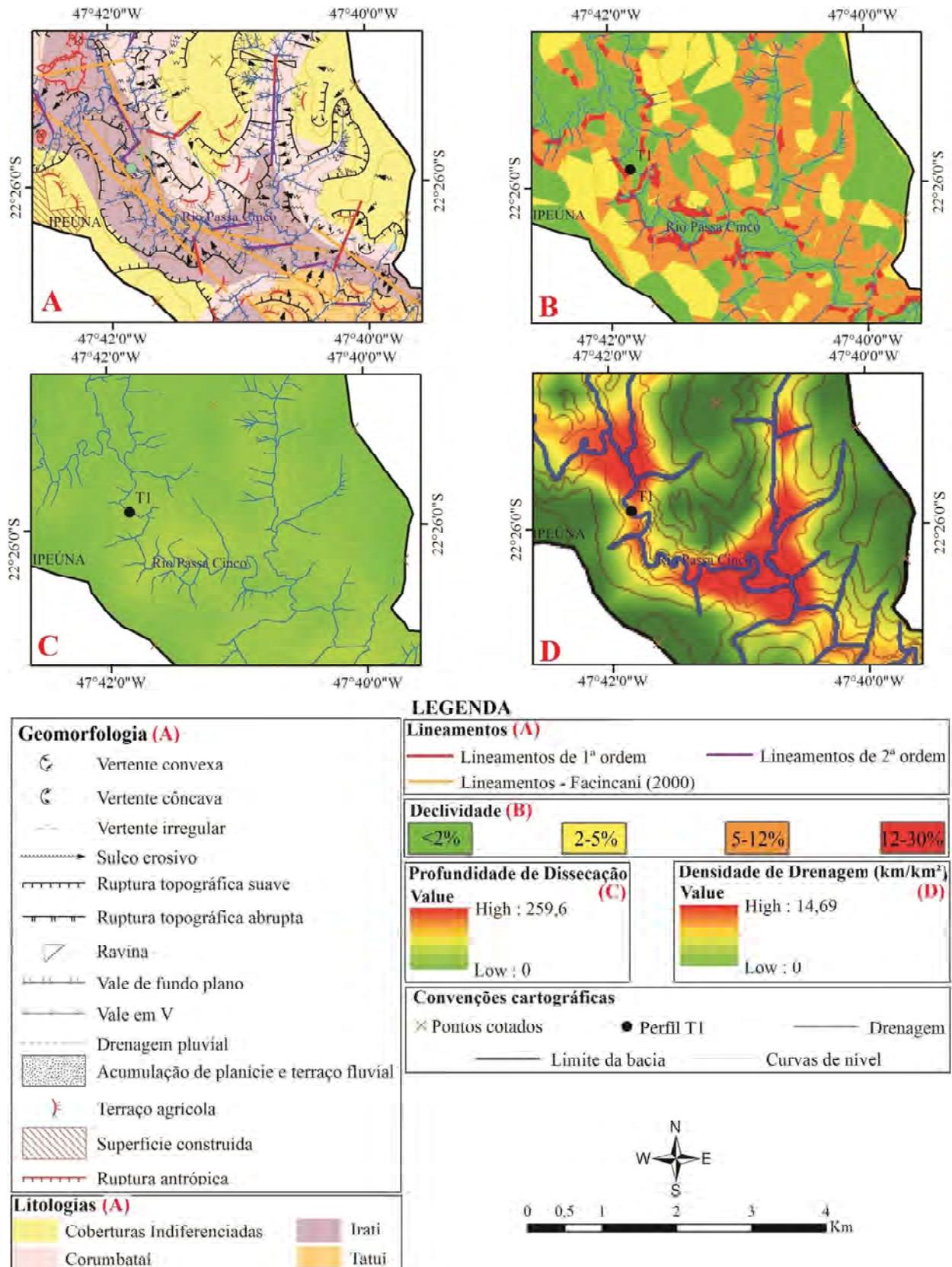


Figura 2 – Características geomorfológicas e topográficas do entorno do Perfil T1.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

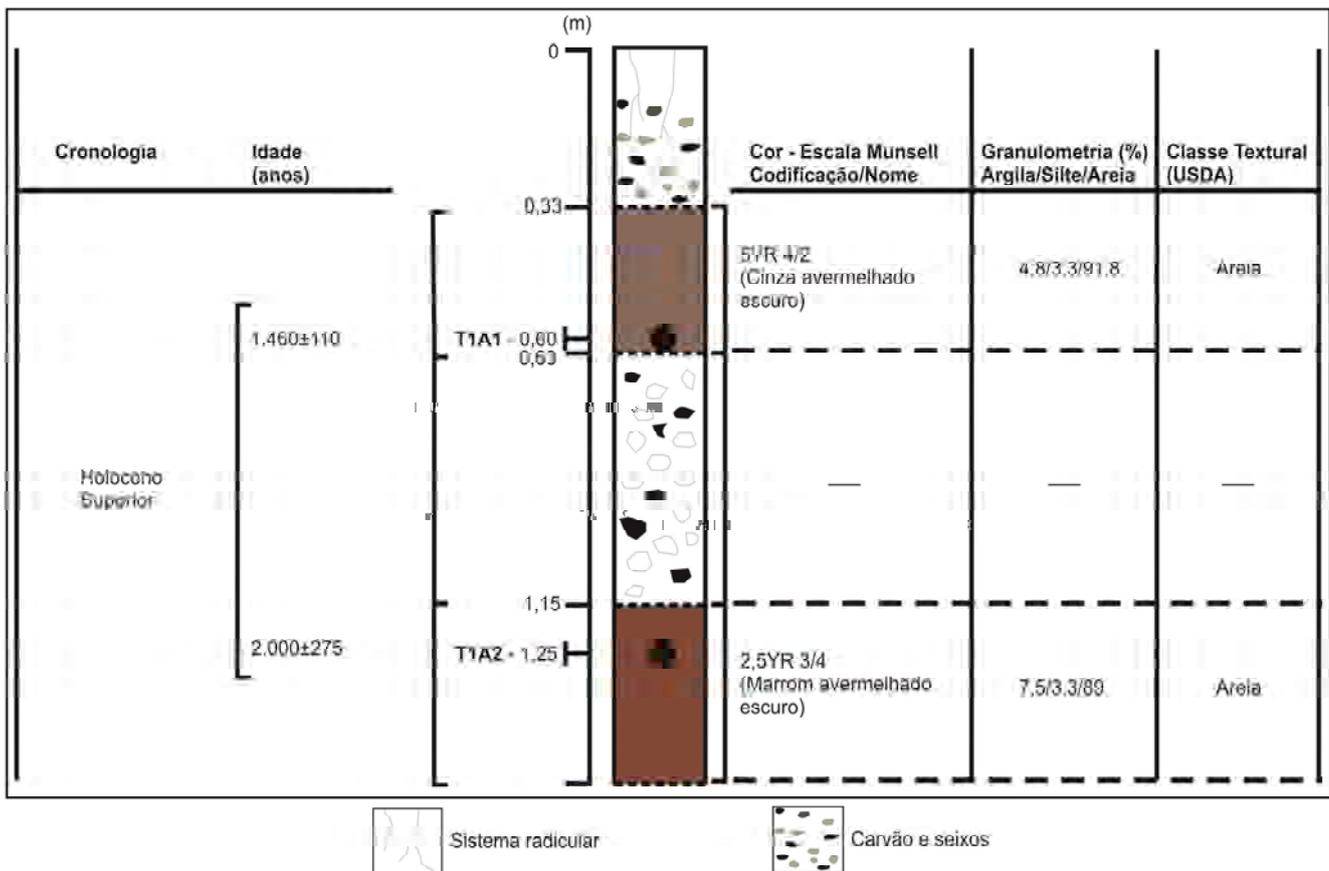
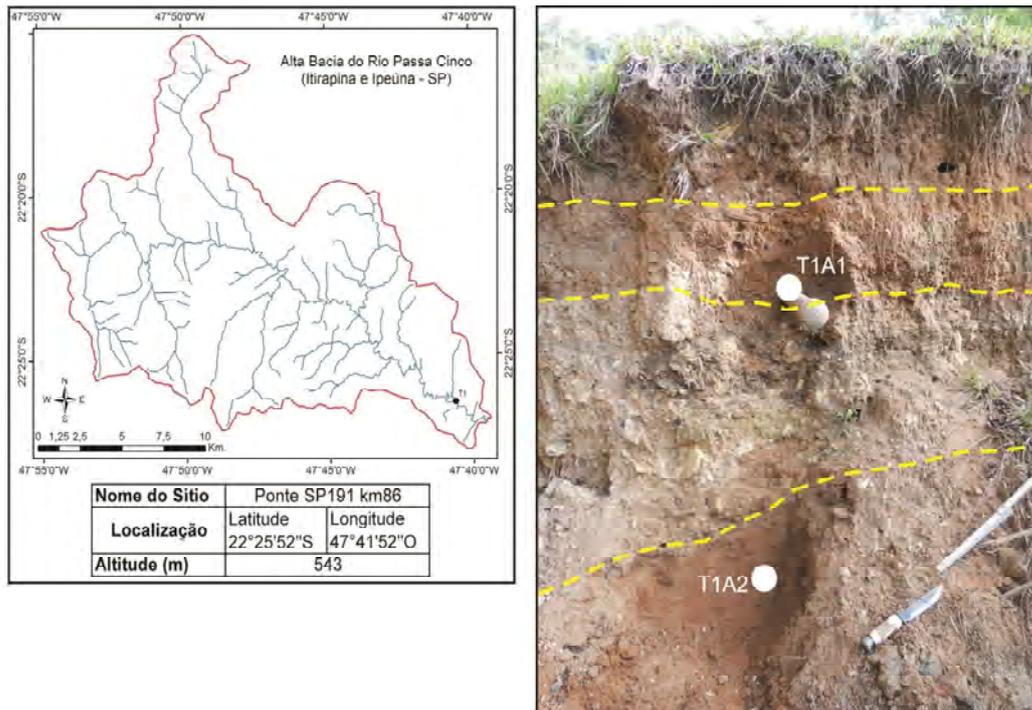


Figura 3 - Localização e características das camadas do Perfil T1.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

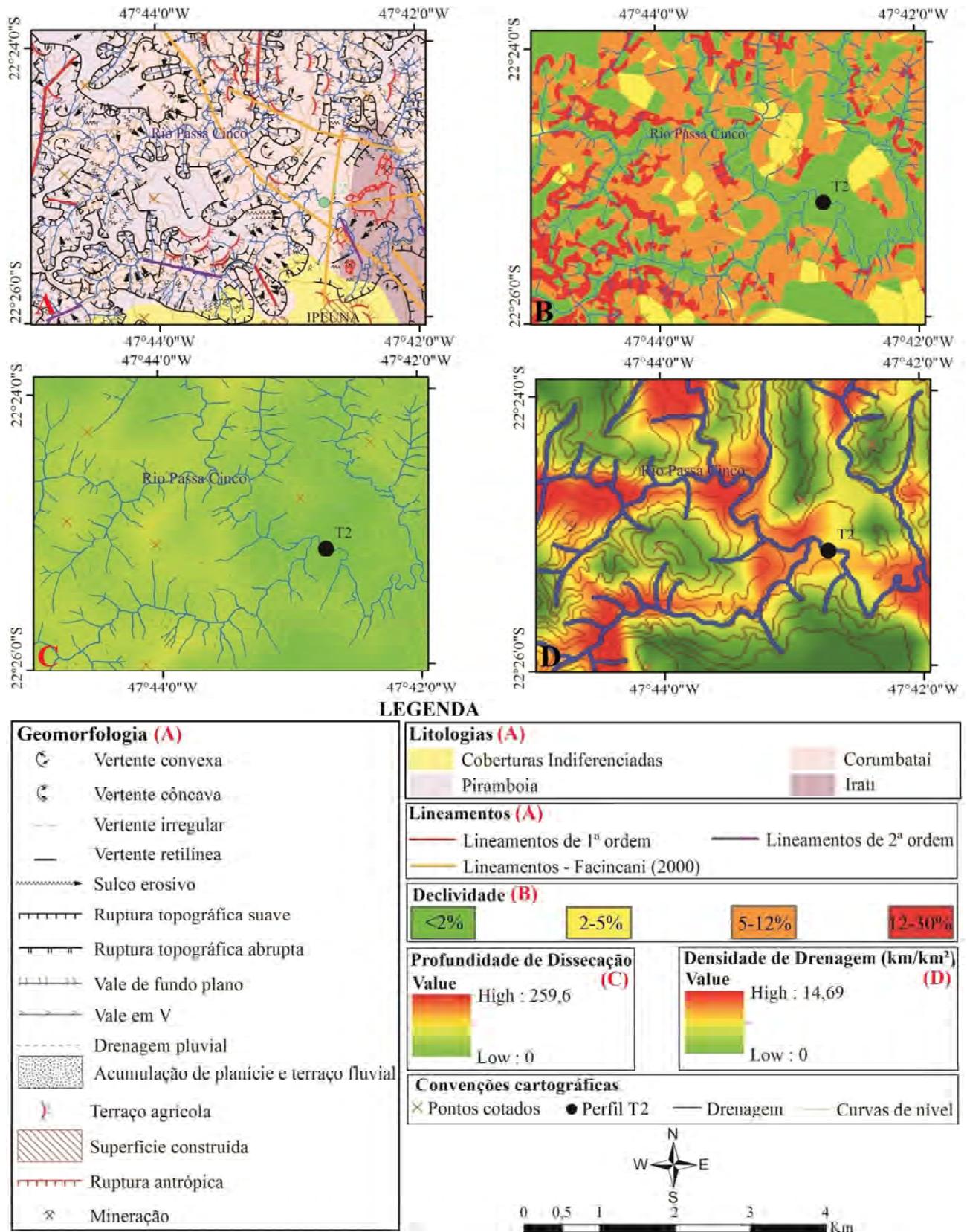


Figura 4 - Características geomorfológicas e topográficas do entorno do Perfil T2.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

No Perfil T2 (Figura 5), também localizado na margem direita do Rio Passa Cinco, a camada superficial foi identificada entre 0 e 40 cm de profundidade, apresentando interferência da vegetação e de materiais orgânicos. Entre 40 cm até cerca de 200 cm de profundidade, o estrato homogêneo foi selecionado para a coleta da amostra T2A1 a 70 cm abaixo da superfície. A Classificação Textural USDA determinou esta amostra como Argila Arenosa, sendo composta por 43,8% de argila, 46,9% por areia e os restantes 9,2% de silte. A

idade LOE obtida foi de 600±80 anos A. P., do Holoceno Superior. De 200 cm a 275 cm de profundidade, foi identificada camada homogênea, com Característica Textural USDA de Areia Franca, composta de 81,2% de areia, 11,3% de argila e 7,44% de silte. A coleta da amostra T2A2 foi realizada a 245 cm de profundidade, para a qual foi obtida idade LOE de 3.000±390 anos A. P., do Holoceno Médio. A 4ª camada, de 275 a 310 cm de profundidade, contém fragmentos rochosos de cores arroxeadas relacionadas à Formação Corumbataí.

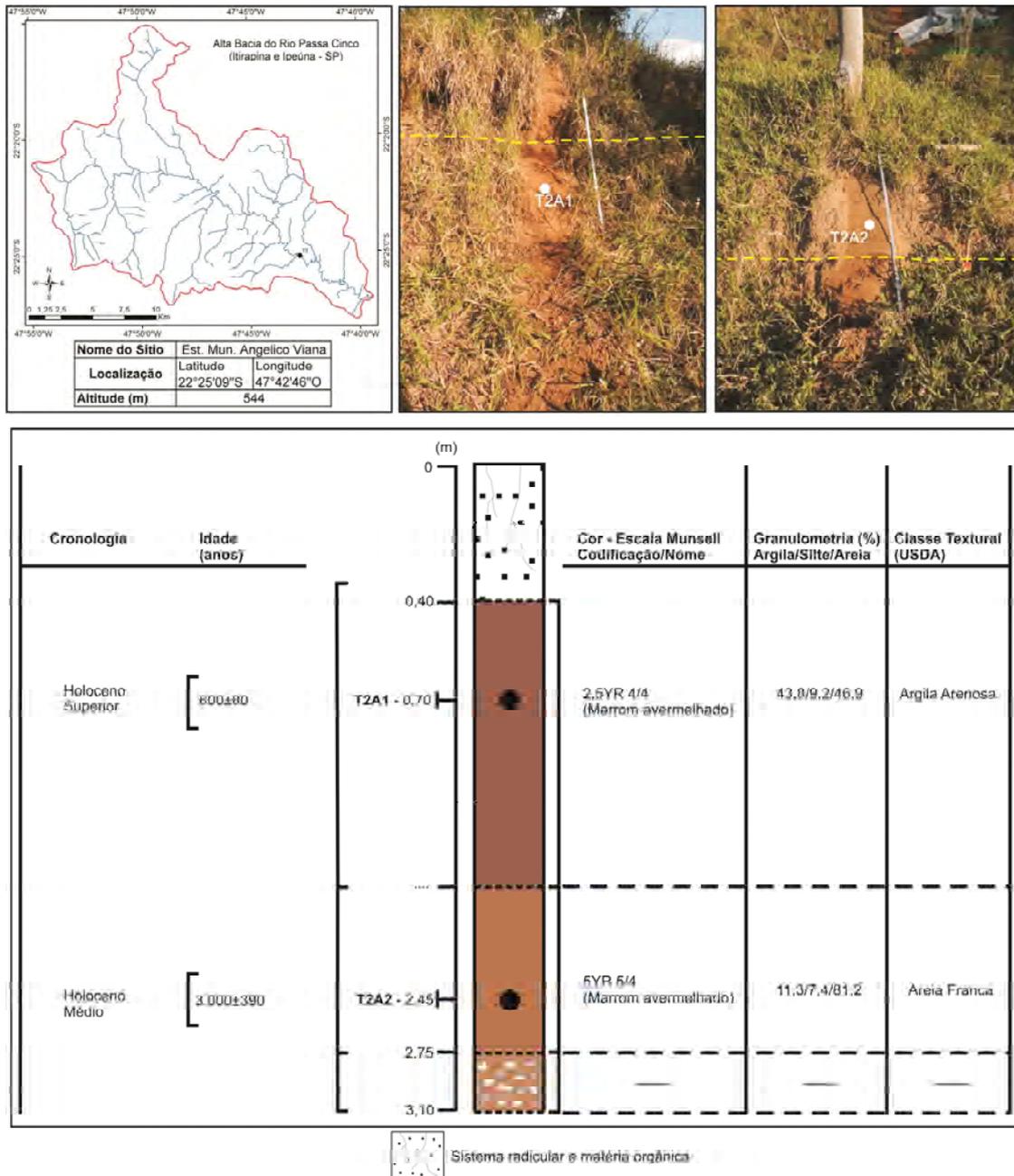


Figura 5 - Localização e características das camadas do Perfil T2.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

O Perfil T3 está situado na margem direita do Córrego Cantagalo, afluente do Rio Passa Cinco. O Córrego Cantagalo, no ponto analisado, encontra-se encaixado em vale de fundo plano (Figura 6A), com vertentes retilíneas de declividade média, entre 5 e 12% (Figura 6B). O topo do perfil é marcado por ruptura topográfica suave (Figura 6A). A confluência entre o Córrego Cantagalo e o Rio Passa Cinco, próximo à área de coleta das amostras do perfil, é marcada pela presença de linhas de pedra com aproximadamente 2 m de extensão vertical, verificadas

em trabalho de campo, e soleiras sobre as quais correm as águas do Rio Passa Cinco.

O Perfil T3 está localizado sobre arenitos da Formação Piramboia no qual lineamentos na direção NW-SE controlam o direcionamento do curso d'água (FACINCANI, 2000) (Figura 6A). A profundidade de dissecação no entorno de T3 apresenta diferença altimétrica com baixos valores (Figura 6C). A densidade de drenagem apresenta valores máximos (14,69 km/km²) na proximidade do desá-gue do Córrego Cantagalo no Rio Passa Cinco (Figura 6D).

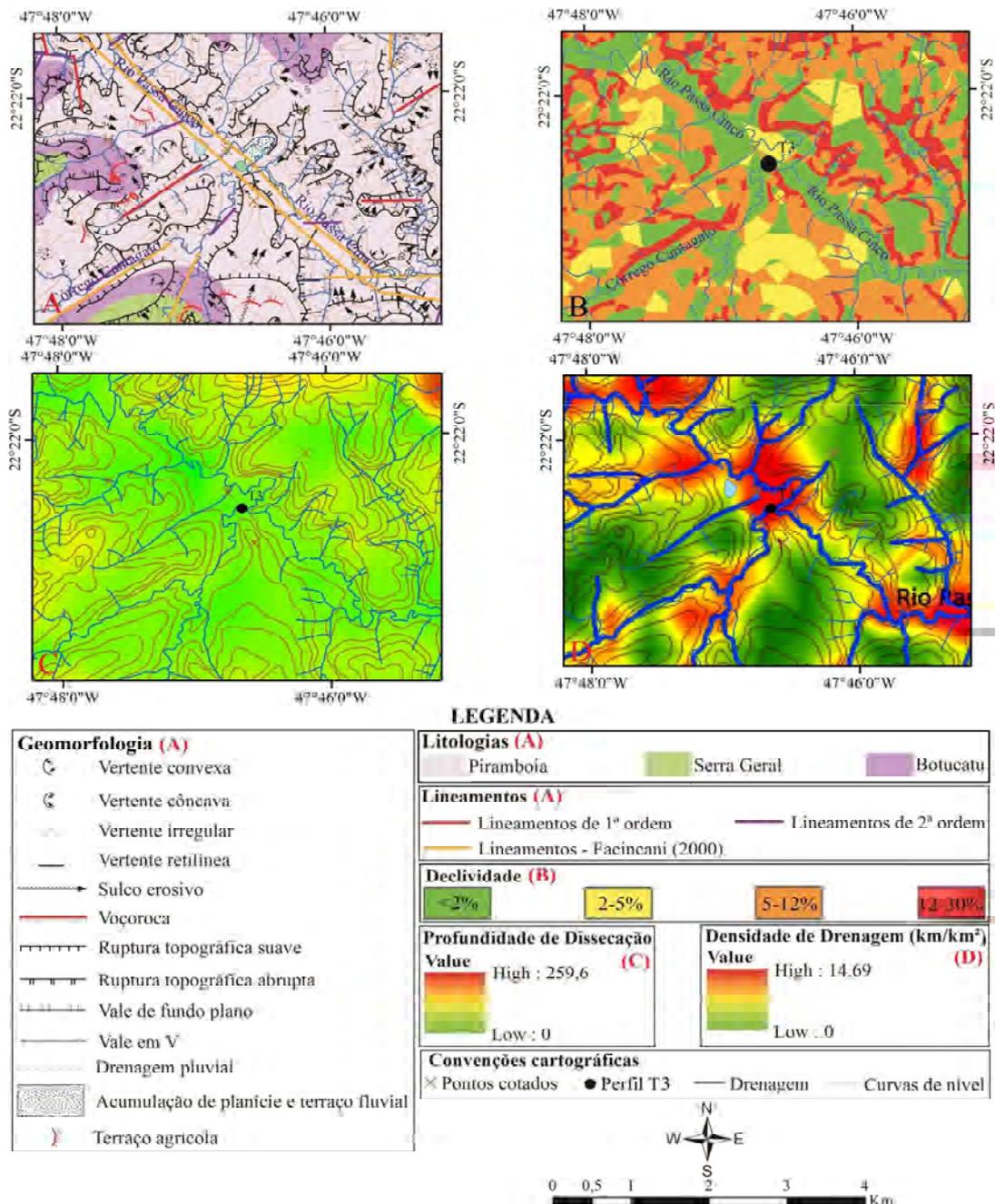


Figura 6 - Características geomorfológicas e topográficas do entorno do Perfil T3.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

O Perfil T3 (Figura 7) apresenta estrato superficial *entre 0 e 35 cm de profundidade*, descartada da coleta devido à influência da vegetação, registrada a partir da presença de raízes e de matéria orgânica. A Camada 2 do perfil, *entre 35 e 100 cm de profundidade*, apresentou homogeneidade e, por este motivo, realizou-se a coleta da amostra T3A1 a 60 cm abaixo da superfície. A Classificação Textural USDA é de Areia Franca, com domínio de areia em sua composição (84,53%), seguida por 11,25% de argila e por 4,22% de silte. A idade LOE obtida foi de

32.250±2.650 anos (Pleistoceno Superior). A Camada 3, *entre 100 a 123 cm de profundidade*, também se caracterizou pela grande coesão. A amostra T3A2 foi coletada a 115 cm. De acordo com a análise granulométrica, a Classificação Textural é de Areia Franca, com 84,43% de areia, 11,35% de argila e 4,21% de silte. A idade obtida foi de 37.700±3.390 anos, do Pleistoceno Superior. A última camada, *de 123 a 358 cm de profundidade*, apresentou características semelhantes às da 2ª camada, com presença de materiais homogêneos.

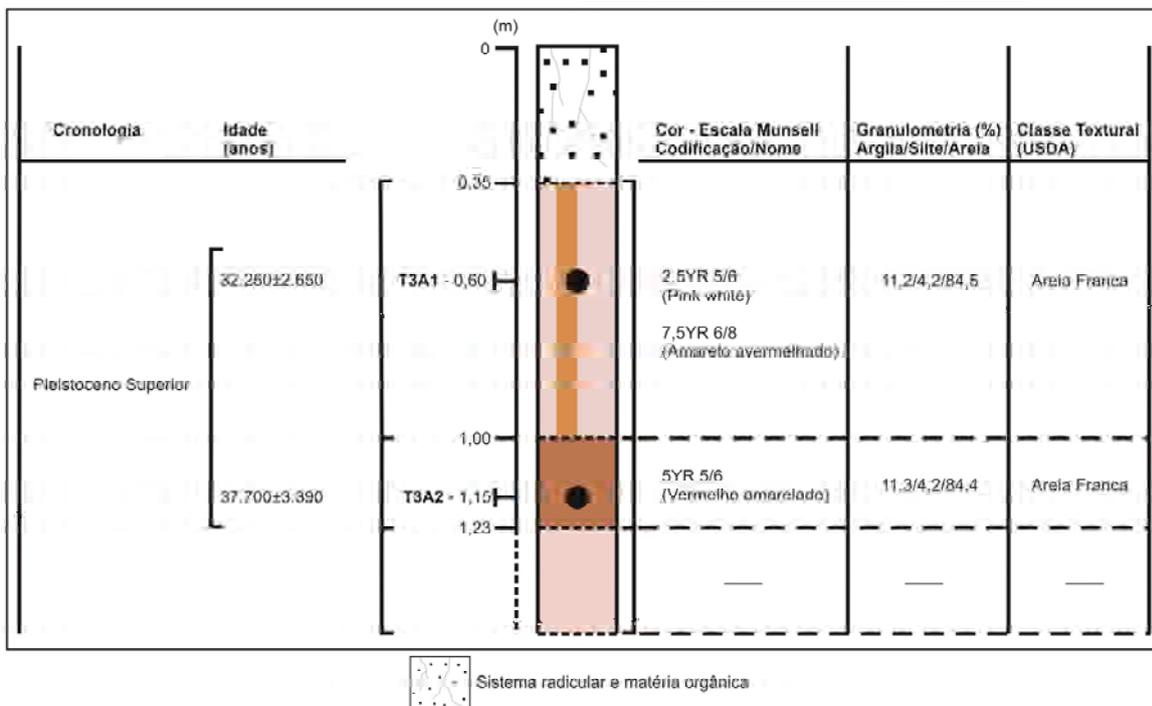
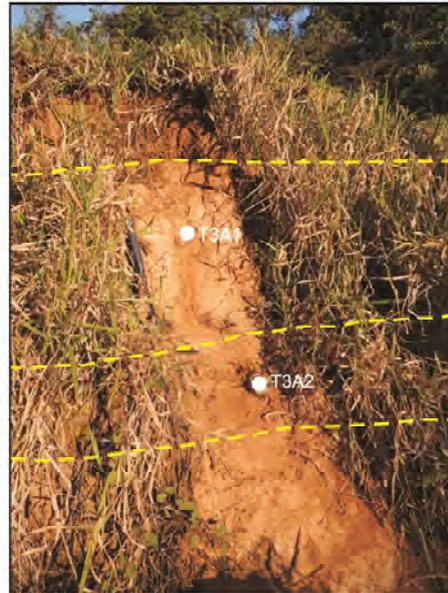
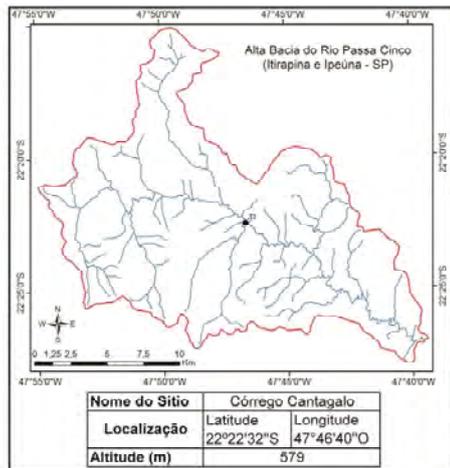


Figura 7 - Localização e características das camadas do Perfil T3.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

5. Discussão dos Resultados:

As idades das amostras de terraços fluviais da Alta Bacia do Rio Passa Cinco obtidas nesse estudo foram comparadas (Figura 8) com as idades LOE relativas aos terraços e planícies fluviais da Bacia do Rio Corumbataí (SP) (DIAS; PEREZ FILHO, 2015; 2016); às idades LOE para os terraços fluviais do Rio Mogi Guaçu (SP), estudado por Storani e Perez Filho (2015) e às idades obtidas pelo método do Radiocarbono (C14) e da Termoluminescência (TL) para o Alto Curso do Rio Paraná (STEVAUX, 2000).

Desta maneira, foi possível realizar uma análise da evolução geocronológica para os terraços fluviais da Alta Bacia do Rio Passa Cinco para aproximadamente os últimos 38.000 anos. A integração das idades obtidas neste estudo com aquelas da bibliografia permite levantar a hipótese de que os terraços fluviais da Alta Bacia do Rio Passa Cinco se formaram tanto em épocas de climas mais quentes e mais secos que o atual, como no período quente e úmido recente. Assim, foi identificada a seguinte sequência de eventos:

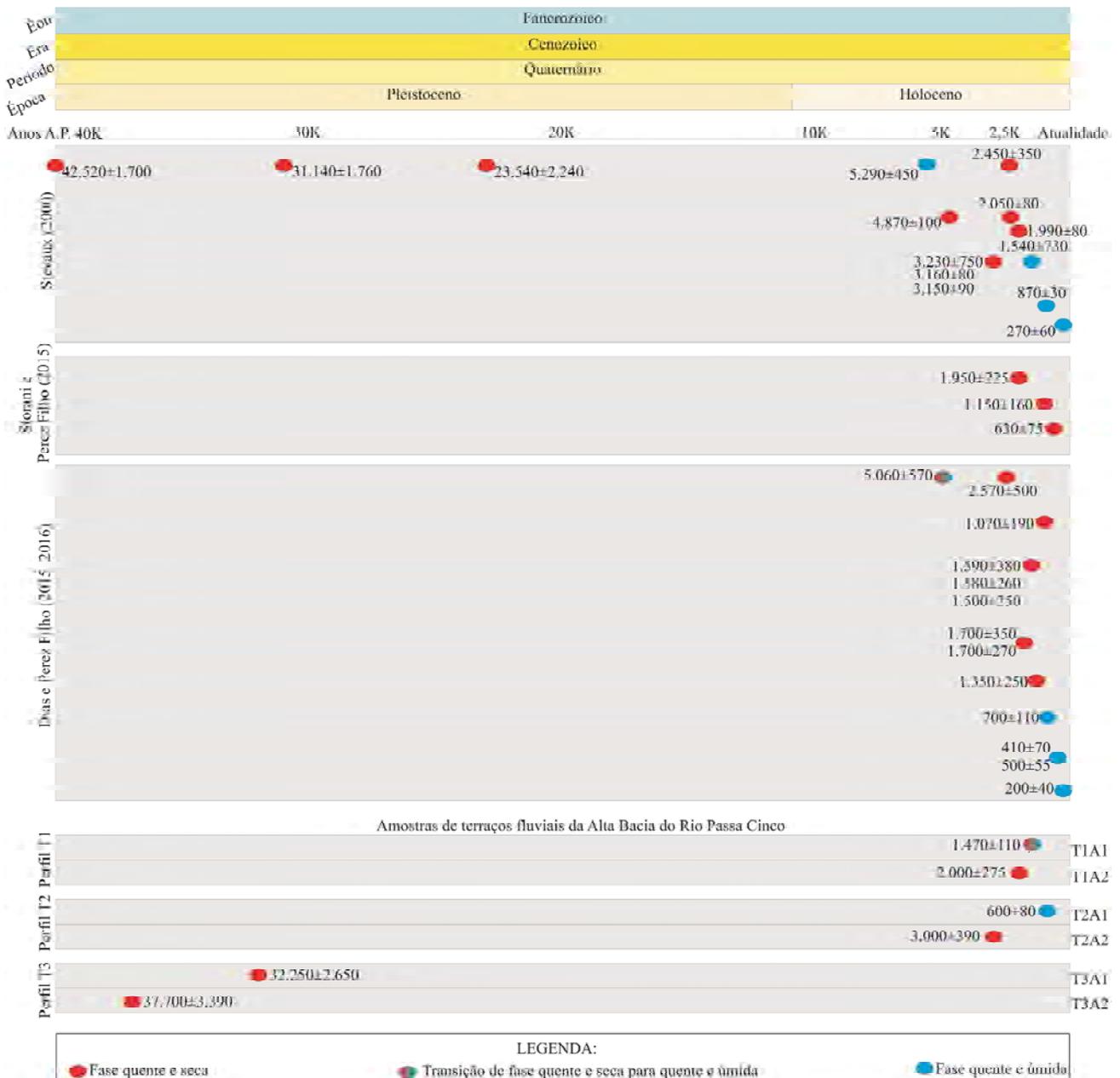


Figura 8 - Idades LOE dos perfis de terraços da Alta Bacia do Rio Passa Cinco integrados a idades C14, TL e LOE entre 40.000 anos A.P. e a atualidade.

Fonte: adaptado de Stevaux (2000), Storani e Perez Filho (2015), Dias e Perez Filho (2015, 2016). Elaborado pelas autoras (2018).

Entre 37.700 e 32.250 anos A.P.

As idades relacionadas ao Pleistoceno Superior estão situadas cerca de 3 metros acima do atual leito do Córrego Cantagalo, nas amostras T3A1 (32.250±2.650) e T3A2 (37.700±3.390). A análise granulométrica apontou 84% de areia nas duas amostras, indicando um ambiente de alta energia na deposição destes materiais.

Inicialmente, com base em bibliografias consultadas, trabalhou-se com a hipótese de que as idades a serem obtidas para este terraço fluvial ficariam em torno de 3.000 a 2.000 anos A.P. No entanto, os dados de laboratório foram bastante diferenciados do esperado. Assim, a partir do mapeamento de lineamentos desenvolvido para essa área por Andrade (2017) e Facincani (2000), foi possível constatar que o talvegue do Córrego Cantagalo encontra-se possivelmente condicionado a

fraturamentos/falhamentos. A presença dessas feições de origem tectônica possibilita intenso entalhamento do canal, fato amplamente comprovado em trabalhos de campo. Esse entalhamento expôs materiais mais antigos que foram avaliados quando da análise do Perfil T3. Ainda, pela disposição dos lineamentos e pelas considerações de Facincani (2000) para o contexto regional, não se pode descartar a hipótese de também ter ocorrido uma reativação neotectônica, provocando o soerguimento e exposição de camadas de deposição mais antiga.

A Figura 9 mostra o trecho da Carta de Lineamentos elaborada por Andrade (2017), o qual incorpora dados que já haviam sido identificados por Facincani (2000), no qual o controle estrutural do Córrego Cantagalo fica evidenciado por lineamentos de 2ª ordem ou mais.

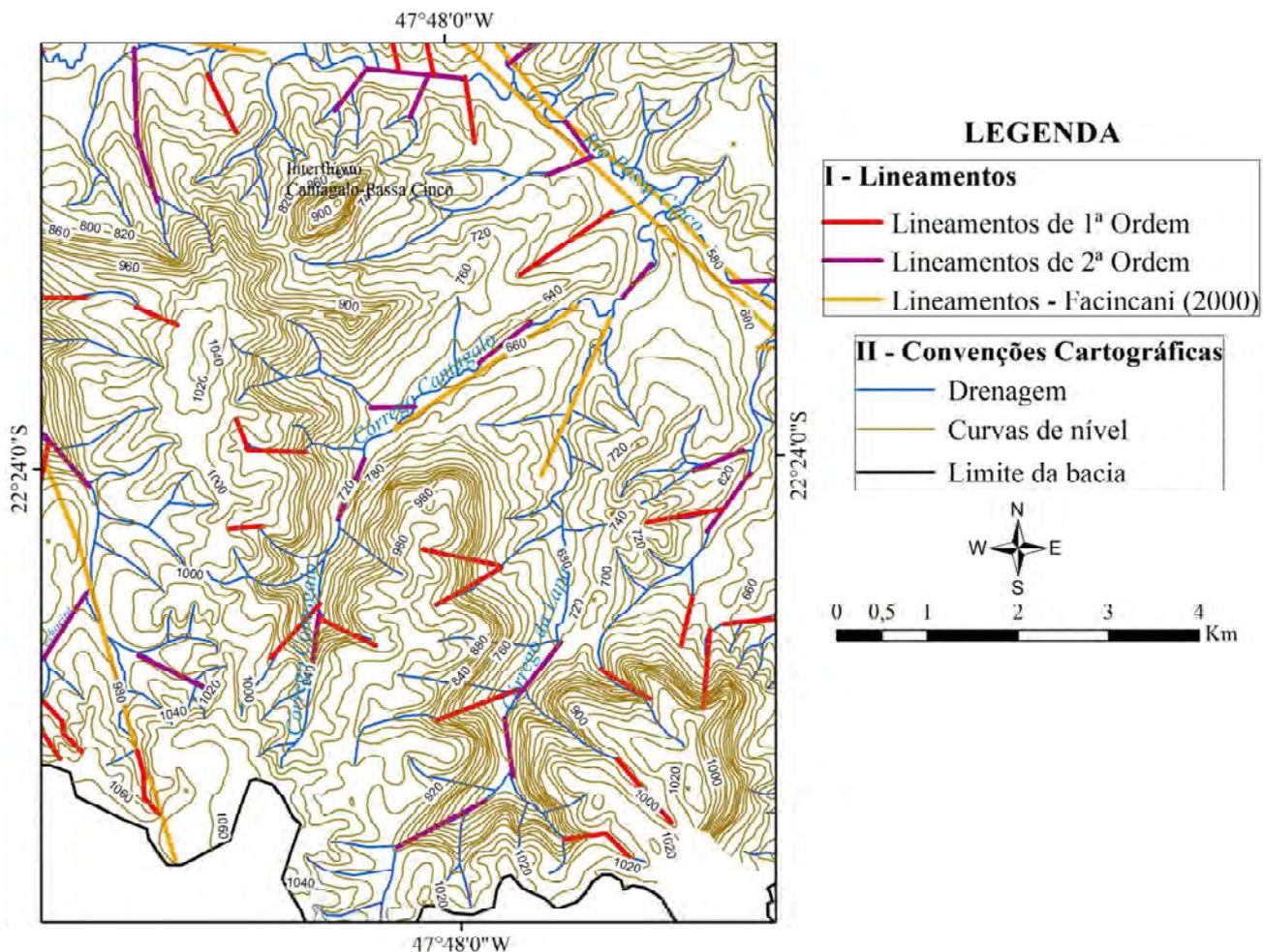


Figura 9 – Carta de Lineamentos do Córrego Cantagalo e entorno.

Fonte: Andrade (2017). Organizado e adaptado pelas autoras (2018).

Ainda, as idades obtidas nessas amostras coincidem com o período entre 40.000 e 8.000 anos A.P. caracterizado por Stevaux (2000) como mais seco que o atual, se estendendo do Pleistoceno Superior até o Holoceno Inferior.

Após essa fase, tem-se um período amplo, entre 32.250 e 3.000 anos A.P, não avaliado nessa pesquisa em função de ausência de materiais de terraço que o registrassem. Considera-se pertinente apontar que Pinton (2016) trabalhando com colúvios na região de Analândia, ao norte da área estudada, identificou amostras que cobrem esse período. Segundo o autor, a essa fase seca identificada nesse trabalho sucedeu-se uma fase úmida, entre 7.500 e 3.500 A.P., a qual não foi registrada nessa pesquisa.

Entre 3.000 e 2.000 anos A.P.

As idades das amostras T2A2 (3.000±390 – Holoceno Médio) e T1A2 (2.000±275 – Holoceno Superior) apontam um novo período deposicional. Stevaux (1993) afirma que o intervalo entre 3.000 e 2.000 anos A.P., no Alto Curso do Rio Paraná no município Porto Rico (PR), corresponde a um momento breve de aridez, que teria como testemunho a presença de cactáceas esparsas entre a vegetação ribeirinha.

Esta fase climática quente e seca também é apontada por Storani e Perez Filho (2015) que registraram a idade de 1.900 e de 1.150 anos A.P. nos níveis alto e intermediário de terraços do rio Mogi Guaçu. Ainda, Dias e Perez Filho (2016), ao analisar os 8 (oito) pontos de baixos terraços da Bacia do Rio Corumbataí (da qual faz parte a área de estudo dessa pesquisa) datados entre 1.700 e 1.070 anos A.P., afirmaram que os materiais constituintes se depositaram de maneira quase simultânea em condições climáticas mais quentes e secas, em um ambiente com alto nível energético, dado pela presença predominante de materiais arenosos.

Este ambiente de alta energia parece se refletir nos depósitos amostrados da Alta Bacia do Rio Passa Cinco, com 89% de areia na composição textural de T1A2 e 81,2% em T2A2. Ainda registrou-se em campo a presença de uma cascalheira que se encontra sobre a camada T1A2 e tem ampla distribuição pelos terraços presentes nas duas margens fluviais, o que aponta para a possibilidade de não ser um depósito esporádico de fundo de vale, mas permite levantar a hipótese da existência de um sistema de torrencialidade, típico de ambientes de semiaridez.

Portanto, considerando os dados apresentados pelos autores e as características dos materiais existentes tanto nos perfis como em seu entorno, tem-se como hipótese que as amostras T1A2 e T2A2 foram depositadas no mesmo ciclo mais quente e mais seco identificado por Stevaux (1993) para o Alto Curso do Rio Paraná em Porto Rico (PR) e podem ser enquadradas no intervalo climático regional quente e seco entre 3.000 e 1.500 anos A. P. (STEVAUX, 2000).

Em 1.470 anos A.P.

A amostra T1A1 (1.470 ±110 anos A. P. – Holoceno Superior), composta por 91,8% de areia, teria se depositado em um ambiente de alta energia. Considerando-se o modelo paleoclimático regional dado por Stevaux (2000), o qual afirma que a partir de 1.500 anos A.P. ocorre alteração para episódio mais úmido, considera-se possível que a amostra T1A1 poderia ser associada a um ambiente transicional para as atuais condições climáticas.

De 600 anos A.P até o recente.

A amostra T2A1 (600 ±80 anos A. P.), do Holoceno Superior, apresenta característica granulométrica diferenciada das outras amostras apresentadas, com 43,8% de argila. A ocorrência da fração argila em quase metade da composição da amostra analisada permite indicar deposição em ambiente de domínio de intemperismo químico que gera esse tipo de material fino. Assim, acredita-se que a deposição dos materiais referentes a essa amostra tenha ocorrido sob o domínio de clima com características atuais quentes e úmidas. Conforme a interpretação paleoclimática regional de Stevaux (2000), os últimos 1.500 anos do tempo geológico correspondem ao episódio úmido recente. As idades analisadas por Dias e Perez Filho (2015, 2016) entre 700 e 200 anos A. P. referem-se a planícies aluviais do Rio Corumbataí. De acordo com os autores, os aluviões se depositaram após eventos de cheias anuais, em condição climática atual quente e úmida.

Porém, não se pode descartar a possibilidade de um pulso de oscilação climática mais quente e mais seca que resultou na formação do nível de terraço, como a hipótese levantada por Storani e Perez Filho (2015) para o nível III de terraço fluvial do Rio Mogi Guaçu, com idade de 630 anos A. P.

Considerações Finais:

Os resultados das amostras coletadas nos terraços fluviais do Rio Passa Cinco e do Córrego Cantagalo, aliados às análises granulométricas e pesquisas bibliográficas de trabalhos de datação na Bacia Sedimentar do Paraná, apontam que a área de estudo esteve sujeita a várias fases deposicionais. Assim, tem-se a uma primeira fase entre 37.700 e 32.250 anos A. P. a qual, segundo Stevaux (2000) é caracterizada por um clima mais seco que o atual; seguida por um hiato deposicional, entre 32.250 e 3.000 anos A. P., pela ausência de idades obtidas para este período; uma segunda fase entre 3.000 e 2000 anos A. P. período em que, segundo Stevaux (1993), Storani e Perez Filho (2015) e Dias e Perez Filho (2016), tem-se condições climáticas também mais secas; uma fase transicional marcada por uma única amostra datada em 1.470 anos A. P.; e, por fim, um período testemunhado por uma amostra de 600 anos A. P. apontado como quente e úmido por Stevaux (2000) e Dias e Perez Filho (2016).

Destacam-se desse contexto as amostras mais antigas, depositadas há mais de 30.000 anos A. P. Tais amostras encontram-se em um vale fluvial excepcionalmente profundo, provavelmente encaixado em estrutura falhada a qual facilitou a dissecação fluvial, possibilitando a exposição de materiais tão antigos. Tais dados, em conjunto com aqueles obtidos junto à bibliografia sobre as diversas fases climáticas já identificadas regionalmente, nos permite apontar que a área estudada possivelmente tem seu relevo vinculado às oscilações climáticas conjugadas a ações tectônicas, como defendem Penteado (1976), Vieira (1982), RADAMBRASIL (1983) e Pinheiro e Queiroz Neto (2014, 2015) para a região.

Ainda convém destacar o hiato deposicional entre 32.250 e 3.000 anos A. P. o qual merece pesquisas futuras, visto que a dinâmica geomorfológica desse período não foi possível de ser avaliada nesse trabalho. Assim, considera-se que os dados apresentados podem colaborar para o avanço do entendimento do relevo da transição Cuesta-Depressão, setores que marcam o relevo paulista.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa de Pós-Doutorado Junior (Processo nº 155332/2016-3).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo nº 2016/25231-1.

Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. (1969). Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. In MODENESI GAUTTIERE, M.; LISBOA, M. A.; MANTESO-NETO, V.; CARNEIRO, CELSO DAL RÉ. **A Obra de Aziz Nacib Ab'Saber**. Editora Beca, São Paulo, 2010, p. 02-08.
- ALMEIDA, F. F. M. Relevo de "Cuestas" na Bacia Sedimentar do Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 3, p. 21-33, 1949.
- ANDRADE, R. V. (2017) **Estudo do relevo da baixa bacia do Rio Passa Cinco (SP)**. Relatório de Iniciação Científica (PIBIC/CNPQ).
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. (2009) **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Boletim Técnico 106, 77 p.
- CORRÊA, A. C. B.; ESPÍNDOLA, C. R.; MENDES, I. A. (2002). Avaliação da dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil, com base no método por datação da Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). In GERARDI, L. H. O.; MENDES, I. A. (org.). **Do Natural, do Social e de suas Interações: visões geográficas**. Programa de Pós-Graduação em Geografia – UNESP e Associação de Geografia Teórica – AGETEO, Rio Claro: p. 41-58.
- CORRÊA, A. C. B.; SILVA, D. G.; MELO, J. S. Utilização dos depósitos de encostas dos brejos pernambucanos como marcadores paleoclimáticos do Quaternário Tardio no semiárido nordestino. **Mercator**, n. 14, p. 99-125, 2008.
- DIAS, R. L.; PEREZ FILHO, A. Geocronologia de terraços fluviais na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí-SP a partir de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, p. 341-349, 2015. DOI: 10.20502/rbg.v16i2.644
- DIAS, R. L.; PEREZ FILHO, A. Evolução das coberturas superficiais holocênicas em baixos terraços fluviais da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí – SP por meio de Datação Absoluta por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). **Geografia**, v. 41, n. 3, p. 419-428, 2016.
- DULLER, G. A. T. Luminescence dating of Quaternary sediments: recent advances. **Journal of Quaternary Science**, v. 19, n. 2, p. 183-192, 2004. DOI: 10.1002/jqs.809

- DULLER, G. A. T. Single-grain optical dating of Quaternary sediments: why aliquot size matters in luminescence dating. **Boreas – An international journal of Quaternary research**, v. 37, p. 589-612, 2008. DOI: 10.1111/j.1502-3885.2008.00051.x
- FACINCANI, E. M. **Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista e Cuesta Basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2000. 222 p.
- GODOY, D. F.; HACKSPACHER, P. C.; GUEDES, S.; HADLER NETO, J. C. Reconhecimento da tectônica mesozoica-cenozoica na borda leste da Bacia do Paraná através da aplicação de traços de fissão em apatitas no Domo de Pitanga (sudoeste de Rio Claro, SP). **Geociências**, v. 25, n. 1, p. 151-164, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Itirapina Folha SF-23-M-I-3**. Rio de Janeiro, 1969a. 1 mapa, color., 63 cm x 74 cm. Escala 1:50.000. Disponível em: <<http://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa15873>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Rio Claro Folha SF-23-M-I-4**. Rio de Janeiro, 1969b. 1 mapa, color., 63 cm x 74 cm. Escala 1:50.000. Disponível em: <<http://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa15873>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha digital municipal**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acesso em: 06 jul. 2017.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.
- MELLETT, C. L. (2013). Luminescence Dating. In CLARKE, L. E.; NIELD, J. N (Eds). **Geomorphological Techniques**. British Society of Geomorphology, London: p. 01-12.
- MISSURA, R.; CORRÊA, A. C. B. Evidências geomorfológicas como ferramentas para a reconstrução paleogeográfica na Mantiqueira Ocidental – MG. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 3, p. 268-287, 2007.
- MURRAY, A. S.; WINTLE, A.G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. **Rations Measurements**. v. 32, p.57-73, 2000. DOI: 10.1016/S1350-4487(99)00253-X
- PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. São Paulo: Instituto de Geografia/Universidade de São Paulo, 1976.
- PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. Reflexões sobre a gênese da Serra Geral e da Depressão Periférica Paulista: o exemplo da Região da Serra de São Pedro e do baixo Piracicaba, SP. **Revista do Instituto Geológico**, v.3 5, n. 1, p. 47-59, 2014. DOI: 10.5935/0100-929X.20140004
- PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. Neotectônica e evolução do relevo da região da Serra de São Pedro e do baixo Rio Piracicaba/Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 4, p. 593-613, 2015. DOI: 10.20502/rbg.v16i4.668
- PINTON, L. G. **Evolução dos processos morfogenéticos em relevo cuestiforme: a bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP)**. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016. 129p.
- PROJETO RADAMBRASIL. **Folhas SF23/24 Rio de Janeiro/Vitória, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1983.
- SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; SANTOS, J.; BARRETO, A. M. F. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 402-413, 2007.
- SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B. Evolução paleoambiental dos depósitos de tanques em Fazenda Nova, Pernambuco – Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v. 2, n. 2, p. 43-56, 2009.
- SOUZA, T. A. (2017) **Evolução geomórfica na transição Cuestas-Depressão Periférica Paulista: Região da Alta Bacia do Rio Passa Cinco**. Relatório de Pós-Doutorado (CNPQ), 133p.
- STEVAUX, J. C. **O Rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR)**. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. 242 p.
- STEVAUX, J. C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Parana River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. **Quaternary International**, v. 72, p. 73-85, 2000. DOI: 10.1016/S1040-6182(00)00023-9.
- STORANI, D. L.; PEREZ FILHO, A. Novas informações sobre geocronologia em níveis de baixo terraço fluvial do Rio Mogi Guaçu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, p. 191-199, 2015. DOI: 10.20502/rbg.v16i2.656

VIEIRA, P. C. Hipótese sobre a origem da Depressão Periférica Paulista. **Revista do Instituto Geológico**, v. 3, n. 2, p. 61-67, 1982. DOI: 10.5935/0100-929X.19820008

WINTLE, A. G.; MURRAY, A. S. A review of quartz optically

stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. **Radiation Measurements**, v. 41, n. 4, p. 369-391, 2006. DOI: 10.1016/j.radmeas.2005.11.001