Depósitos Cenozoicos em Maracaí (SP)

Grace Bungenstab Alves[1]

Marcelo Reis Nakashima

André Mateus Barreiros

José Pereira de Queiroz Neto

Resumo: *Os Depósitos Cenozoicos existentes no Planalto Ocidental Paulista são amplamente citados na literatura, mas existem poucos trabalhos que apresentam uma caracterização detalhada e descrição de como estes depósitos encontram-se na paisagem. No presente artigo apresentaremos a descrição da paisagem no sudoeste de Maracaí (SP), detalhando os solos e a fração areia, visando contribuir para a discussão da caracterização dos depósitos encontrados na área. Utilizamos a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica e a técnica de Morfoscopia para o estudo da fração areia. Os depósitos situados acima do basalto estão completamente pedogeneizados e encontram-se em uma paisagem com relevo plano e presença de depressões fechadas. Os materiais dos solos oriundos destes depósitos se diferenciam dos existentes em área arenito Adamantina, encontrado no mesmo município. Concluímos que na área estudada os solos são derivados de Depósitos Cenozoicos que apresentam a distribuição e morfoscopia da fração areia semelhantes, indicando mesma condição de deposição. Portanto, a diferenciação dos solos seria decorrente dos processos pedogenéticos e não de materiais de origem distintos. O estudo detalhado da paisagem, dos solos e da fração areia permitiu uma melhor compreensão do funcionamento da área e deveria ser adotado em outros trabalhos que possuem como objetivo o entendimento dos Depósitos Cenozoicos e, até mesmo, o entendimento da paisagem.*
Palavras-chave: *Morfoscopia da fração areia; Região do Médio Paranapanema; Pedogeomorfologia; relação solo/material de origem; Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.*

Cenozoic Deposits in Maracaí (São Paulo-Brazil)

Abstract: *In the present article, we present the description of the landscape of the Três Cantos compartment, in Maracaí, Brazil, with attention to the soils and the sand fractions in special. Our goal is to contribute with the discussion on the characterization of the depositions found in that area. We used the technique known as Structural Analysis of the Soil Coverage and morphoscopic analysis for the study of the sand fractions. The depositions situated above the basalts are the result of a complete pedogenetic process, and can be found in a landscape of high plains with presence of closed depressions. The soils originated from those conditions differ from those found in areas of Adamantina sandstone, found in the same municipality. We concluded that the formation process of those soils started with the ferruginous accumulation of Cenozoic depositions, which gave origin to Latosols and Argisols, according to the hydric conditions and the pedogenetic processes.*
Keywords*: Sand fraction morphoscopy; Middle Paranapanema Valley region; Pedogeomorphology; Soil / parent materials relations; Structural Analysis of the Soil Coverage.*

[1] Professora do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia, IGEO, UFBA. E-mail: gracebalves@gmail.com

Introdução

Os solos são de extrema importância para o desenvolvimento humano, fornecendo desde o suporte e nutrientes para a produção de alimentos necessários à vida, até os materiais que são utilizados para construções. O entendimento da disposição e do funcionamento deste corpo natural, também denominado de cobertura pedológica, é um passo importante para compreender a evolução das paisagens. Este tipo de estudo leva necessariamente à investigação dos materiais de origem que originaram os solos, essa busca é complexa devido às características destes, que nem sempre condizem com os tipos sugeridos nos mapeamentos. Isto pode ocorrer por conta das características encontradas em campo que diferem das identificadas nos mapeamentos, devido à dimensão areal dos elementos que impede sua representação em mapas de determinadas escalas, ou por estes materiais não terem sido observados durante o processo de mapeamento, ou ainda por conta da falta de materiais preservados devido aos processos pedogenéticos.

Os depósitos cenozoicos são um exemplo deste caso, pois muitas vezes não são registrados em mapeamentos geológicos por sua pequena profundidade ou dimensão espacial, ou por já estarem muito pedogeneizados. Neste aspecto, o estudo da cobertura pedológica pode auxiliar na identificação do material de origem ao permitir um estudo detalhado das frações dos solos que guardam indicativos da origem dos materiais, principalmente no que diz respeito aos paleoambientes de deposição e determinação de área fonte.

A ocorrência de depósitos cenozoicos ou quaternários é mencionada por vários autores na região sudoeste do Planalto Ocidental Paulista, estes depósitos abrigam materiais arenosos, areno-argilosos e até mesmo argilosos, além de fragmentos de couraça e cascalhos (ALMEIDA et al., 1981; IPT, 1977, 1978, 1979; SOARES et al., 1979; STEIN et al., 1979). No entanto, são raros os trabalhos que detalham os materiais e apresentam uma descrição e delimitação dos depósitos, suscitando dúvidas sobre as características e dificultando o reconhecimento em outras áreas.

O município de Maracaí foi mapeado, na escala 1:50.000, com basaltos da formação Serra Geral (PAULIPETRO, 1980), que não condizem com os solos de textura média encontrados na área, mapeados na escala 1:100.000 (ROSSI et al., 2000). Há três hipóteses para a origem dos materiais que formaram os solos com textura areno-argilosa na área: depósitos do período Cenozoico; arenitos da Formação Adamantina; arenitos da Formação Botucatu, que na área ocorrem intercalados aos basaltos (intertrapp).

Soares et al. (1979) destacam que sobre os basaltos da Formação Serra Geral, nos principais

interflúvios do sudoeste do estado de São Paulo, ocorrem remanescentes de antigas superfícies terraceadas com coberturas coluvial e aluvial pouco espessas, sendo possível encontrar estes depósitos em faixa paralela ao rio Paranapanema, em área de relevo suave e baixa densidade de drenagem. Sallun et al. (2010) defendem que os Latossolos Vermelhos existentes às margens do Rio Paraná e Paranapanema seriam derivados da aloformação Paranavaí. Zenateli et al. (2012) também observou couraças na região do médio curso do rio das Cinzas (margem esquerda do médio Paranapanema), em depósitos Quaternários, bem próximo à área de estudo.

Stein et al. (1979) afirmam que os Depósitos Cenozoicos no vale do rio Paranapanema possuem pequena espessura e grande expressão areal, sendo de natureza aluvial e coluvial. Estes materiais seriam areno-argilosos e até argilosos, teriam coloração variada, principalmente vermelha, em arranjos mosqueados, e apresentariam fragmentos de laterita e cascalho (ALMEIDA et al., 1981; IPT, 1977, 1979, 1981; SOARES et al., 1979; STEIN et al., 1979). Sallun (2003) também defende que teriam ocorrido várias fases de deposição para esta área, apresentando, posteriormente, uma série de datações que indicam que os diferentes depósitos estariam concentrados no período do quaternário (SALLUN et al., 2007).

Sallun et al. (op.cit.) propõem a aloformação Paranavaí, cuja delimitação englobaria a nossa área de estudo. Esta pertenceria ao alogrupo Alto Rio Paraná, depositado durante o Pleistoceno. A determinação de uma aloformação engloba técnicas de Aloestratigrafia, que inclui novas abordagens quando comparada a estratigrafia convencional, permitindo a identificação de depósitos de pequena espessura e de natureza mais recente (ETCHEBEHERE, 2002). Seria composta por depósitos coluviais homogêneos, arenáceos e rudáceos originados in situ ou com transporte restrito, de unidades litoestratigráficas cretáceas intemperizadas (SALLUN et al., 2007). Os sedimentos apresentariam maior contribuição de areia fina e silte grosso (SALLUN e SUGUIO, 2008), podendo apresentar de 15 a 85% de areia e até 47% de argila em sua composição (SALLUN et al., 2010), possuem como característica em comum as datações que indicam idades dentro do período Quaternário. O limite inferior seria a formação Adamantina e a formação Serra Geral, e seus registros seriam testemunhas de importantes mudanças paleoclimáticas e/ou eventos neotectônicos que teriam sido responsáveis por modificações no nível de base e um reafeiçoamento do relevo (SALLUN et al., 2007).

Diferentes trabalhos realizados na região indicaram a presença de couraça em materiais depositados acima do arenito e do basalto, a existência destas couraças é atribuída, em geral, à

diferentes deposições (BONGIOVANNI, 2008; SALLUM e SUGUIO, 2006; SALLUN, 2007; SALLUN et al., 2007; 2011). Sallun (2003) e Sallun et al. (2008) defendem que os depósitos quaternários que possuem fragmentos de couraça na base podem indicar duas situações: a) as couraças não seriam da mesma geração dos depósitos imediatamente acima, representando vários ciclos de deposição de fragmentos ferruginosos, que foram desmantelados e posteriormente transportados e depositados; ou b) seriam de uma única geração com idades maiores, tendo sido observadas em dois pontos, um com 275.600 ± 31.700 anos A.P. (SALLUN et al., 2008), e outro com 364.500 ± 40.000 anos A.P. (SALLUN, 2003). De acordo com os autores, essas couraças seriam, no primeiro caso, anteriores aos depósitos arenosos sobrepostos e representariam, junto com linhas de pedras, uma evidência de hiato deposicional.

Destacamos que um dos pontos com depósitos quaternários analisados por Sallun (2003) encontra-se na bacia do rio Capivara, em área vizinha ao município de Maracaí. Este ponto apresenta depósito coluvial assentado acima de basalto da formação Serra Geral, com couraça na transição e idade de 39.900 ±4.500 anos.

A grande diversidade de características dos materiais e das paisagens relacionadas com a existência de depósitos cenozoicos dificulta a identificação destes em campo. A delimitação destes ou é muito abrangente, como em Sallun et al. (2007), ou é inexistente. A indicação de couraças fruto de deposições também é um problema; por vezes falta uma avaliação detalhada para indicar se o material foi retrabalhado ou seria algo mais espesso que sofreu pedogênese, restando apenas os resquícios. Justus (1985) defende que as couraças e carapaças ferruginosas encontradas no divisor das bacias dos rios Ivaí e Piquiri, no noroeste do Paraná, em área que corresponderia à continuação da Aloformação Paranavaí (o autor usa Formação Paranavaí), seriam pedogenéticas e formadas in situ. Na época estes materiais foram descritos como pertencentes à Formação Paranavaí, no noroeste do Paraná (JUSTUS, 1985; POPP e BIGARELLA, 1975).

Os trabalhos que apresentam datações absolutas de materiais quaternários, conjuntamente com a observação de couraças espessas, levaram ao questionamento da proposição das idades quaternárias. Riffel et al. (2016) identificaram couraças in situ com até 3.6 ± 0,04 Ma na borda do Terceiro Planalto Paranaense, compartimento análogo ao Planalto Ocidental Paulista, já os fragmentos detríticos apresentaram idade de formação de até 6,26 ± 0,06 Ma.

A distribuição geográfica das couraças extrapola as zonas climáticas que atualmente seriam esperadas para a sua formação identificando, assim, seu carácter fóssil e poligênico (BEAUVAIS e

TARDY, 1993). Desta forma, as couraças são importantes para reconstruções paleoclimáticas e paleoambientais (BONNET et al., 2014; RIFFEL et al., 2015; LIU et al., 2003; TARDY, KOBILSEK e PAQUET, 1991), podendo ser usadas como marcadores morfoestratigráficos, pois fornecem indicações que permitem uma correlação topográfica e evolutiva da paisagem (TARDY e ROQUIN, 1998; TWIDALE e BOURNE, 1998). De acordo Twidale e Bourne (1998) deve-se, no entanto, observar criticamente as diferentes características da paisagem, utilizando todas as evidências disponíveis e não somente as couraças.

Diferentes autores indicam que as couraças teriam ocupado grandes extensões no Planalto Ocidental Paulista (MELO e PONÇANO, 1983; SALLUN e SUGUIO, 2008) e no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1950) e atualmente restariam apenas resquícios destas. Com relação à idade da formação das couraças: King (1956) considera que sua formação ocorreu durante o Cenozoico e Tardy e Roquin (1998) restringem ao Eoceno médio.

Entender a relação entre os materiais, as couraças, os solos e o relevo, é essencial para compreender como se deu a evolução da paisagem na área. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é contribuir para a discussão e caracterização dos depósitos encontrados no compartimento Três Cantos (ALVES, 2010, 2014), em Maracaí-SP, através da análise da paisagem, com detalhamento dos solos e da fração areia. Iremos apresentar as características dos solos, a morfoscopia e mineralogia das areias, a delimitação destes materiais no compartimento e a morfologia da paisagem, comparando estes dados com outros levantamentos efetuados no Planalto Ocidental Paulista.

Partimos aqui de uma análise regional, destacando a ocorrência de solos areno-argilosos; em seguida apresentamos a morfologia do compartimento e a ocorrência de couraças; depois a descrição das topossequências e a interpretação referente aos solos e as couraças, dando ênfase à morfoscopia e à mineralogia das areias.

Materiais e métodos

O município de Maracaí está localizado no sudoeste de São Paulo (**Figura 1**), no compartimento geomorfológico que corresponde ao Planalto Ocidental Paulista, região do Médio Paranapanema. Partimos da compartimentação de paisagem realizada por Alves (2010) que identificou quatro compartimentos: a) Cervo - área de arenito no topo e basalto na baixa vertente o solo acompanha a variação litológica e encontra-se disposto em um relevo de colinas amplas, com topos arredondados, que se tornam mais íngremes nos setores mais baixos com solos oriundos de

basalto; b) Anhumas - áreas com basalto. Ocorrem colinas amplas com vertentes convexas que, por vezes, ultrapassam 1km de comprimento, com solos argilosos e profundos; c) Barra Mansa – áreas com vertentes curtas côncavo/convexas, com uma série de rupturas de declive e solos rasos, que no topo podem ser um pouco mais profundos; d) Três Cantos - áreas com depósitos acima dos basaltos que podem apresentar mais 9m de profundidade e estão bastante pedogeneizados; é possível encontrar relevo plano, com presença de grande número de depressões e solos profundos de textura de argilosa à arenosa.

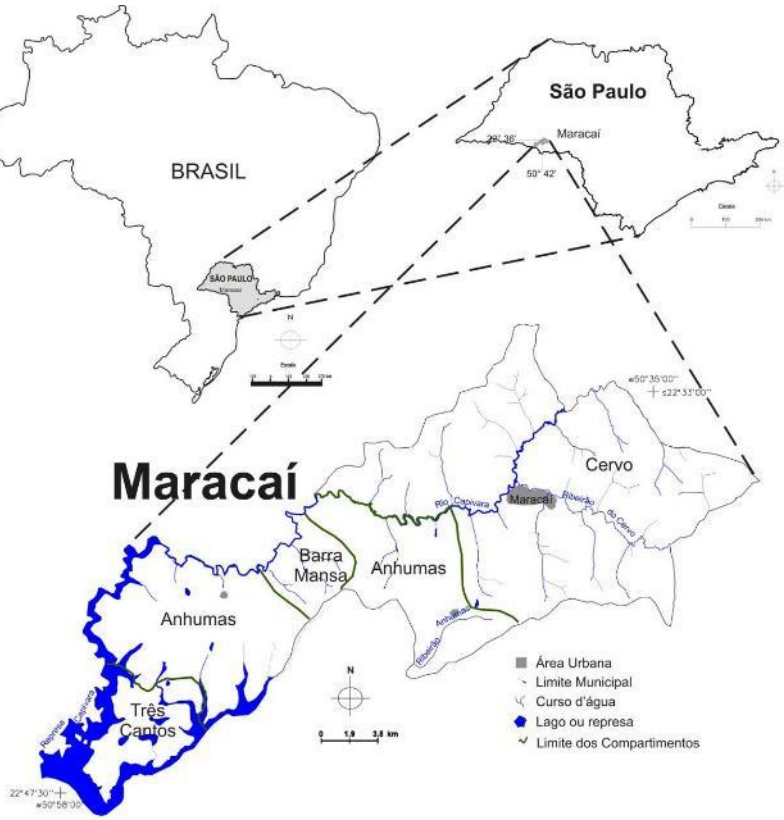


Figura 1: Localização e Compartimentação do município de Maracaí/SP.
Fonte: Alves (2010).

Neste trabalho interessam apenas os compartimentos Cervo e Três Cantos, pois possuem solos de textura média, cuja a investigação do material de origem é o nosso objetivo. Para o compartimento Cervo utilizaremos apenas os dados dos solos, sem apresentação da topossequência, pois o objetivo será apenas a comparação com os solos do compartimento Três Cantos, onde concentramos nossos esforços para caracterizar o material.

Nos dois compartimentos utilizamos a metodologia da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (BOULET et al., 1982a, 1982b, 1982c). Aqui, daremos maior enfoque a descrição dos solos e da fração areia. No compartimento Cervo foi realizada uma topossequência de solos e no

compartimento Três Cantos foram realizadas duas.

Realizamos a descrição dos perfis e coletas de amostras segundo Santos et al. (2013). Na topossequência Palmitalzinho, compartimento Cervo, foi selecionada uma amostra na trincheira da alta vertente com solo derivado do arenito Adamantina; essa amostra foi coletada na profundidade entre 100 e 200 cm (**Tabela 1** e **Figura 2**). Nas topossequências Grevílea e Mandacaru foram selecionadas três amostras em cada: uma na alta vertente entre 160 e 150 cm (T1), duas na baixa vertente entre 130 e 200 cm, e outra na maior profundidade alcançada no trado, 660 a 690 cm e 780 e 800 cm, nas topossequências Grevílea e Mandacaru, respectivamente. As profundidades por volta de 150 cm foram escolhidas por apresentarem menor perturbação intempérica que decorrem das grandes variações de temperatura, podendo levar à fragmentação dos grãos de areia mais próximos à superfície. As amostras da superfície também estão mais sujeitas a receber materiais recentes que foram retrabalhados por processos morfogenéticos. A amostra abaixo de 7m visou identificar possíveis ocorrências de diferentes estratos deposicionais, observada na análise expedita das amostras.

Tabela 1: Amostras analisadas na morfoscopia.

Topossequência	Ponto de amostragem na topossequência	Posição na vertente	Profundidade (m)	Fração modal das areias
Grevílea	T1	Alta	1,50 - 1,60	0,125-0,25 mm
Grevílea	T17-1	Baixa	1,30 - 2,00	0,125-0,25 mm
Grevílea	T17-2	Baixa	6,60 - 6,90	0,125-0,25 mm
Mandacaru	T10	Alta	1,50 - 1,60	0,125-0,25 mm
Mandacaru	T16-1	Baixa	1,30 - 2,00	0,125-0,25 mm
Mandacaru	T16-2	Baixa	7,80 - 8,00	0,0625-0,125 mm
Palmitalzinho	TP	Alta	1,00 - 2,00	0,0625-0,125 mm

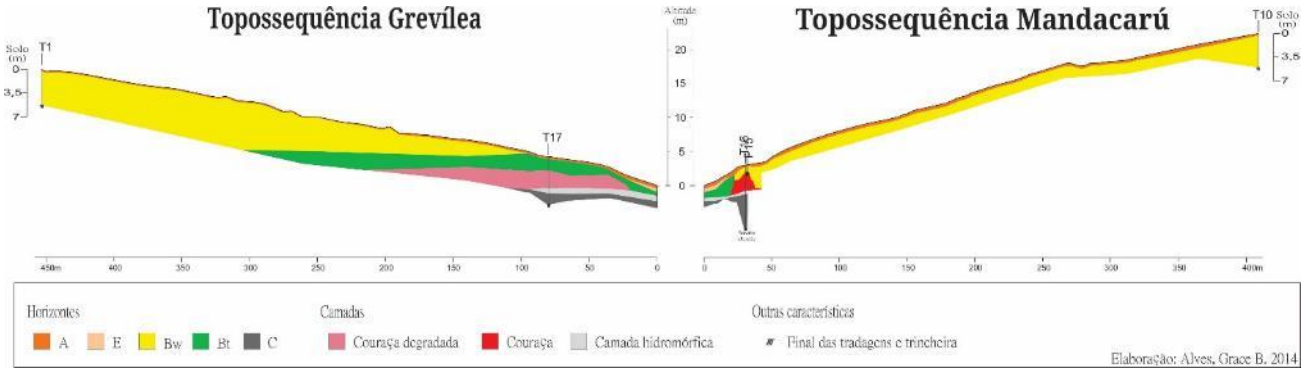


Figura 2: Topossequência com os pontos onde foram coletadas as amostras para a morfoscopia.
Fonte: Alves (2014).

Executamos a granulometria das amostras através da pipetagem (EMBRAPA, 1997) e fracionamos as areias por peneiramento considerando as classes de tamanho: 0,053-0,062mm; 0,062-0,125mm; 0,125-0,25mm; 0,25-0,5mm; 0,5-1mm; 1-2mm (CAMARGO et al., 2009). Separamos a fração modal das diferentes amostras e realizamos a análise morfoscópica e mineralógica dos grãos (KRUMBEIN, 1941; SCHNEIDER, 1970; SUGUIO, 2003), com o auxílio de Lupa Binocular Zeiss Axioskop, modelo Stemi SV 6, com aumento de até 50 vezes. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.

Analisamos os resultados em conjunto para verificar a possível correlação ou discrepância entre as amostras nas diferentes profundidades, topossequências e compartimentos, e assim buscamos indicativos sobre o paleoambiente de sedimentação destes materiais.

Resultados e discussão

O município de Maracaí possui uma grande diversidade de paisagens resultantes, principalmente, das relações entre os materiais de origem, os solos e o relevo. Os materiais de origem se dividem em três: basaltos da Formação Serra Geral, Grupo São Bento; arenitos da Formação Adamantina, grupo Bauru; e depósitos de origem não esclarecida sobre os basaltos, identificados em mapa pedológico como solos de textura média sobre basaltos (**Figura 3**).

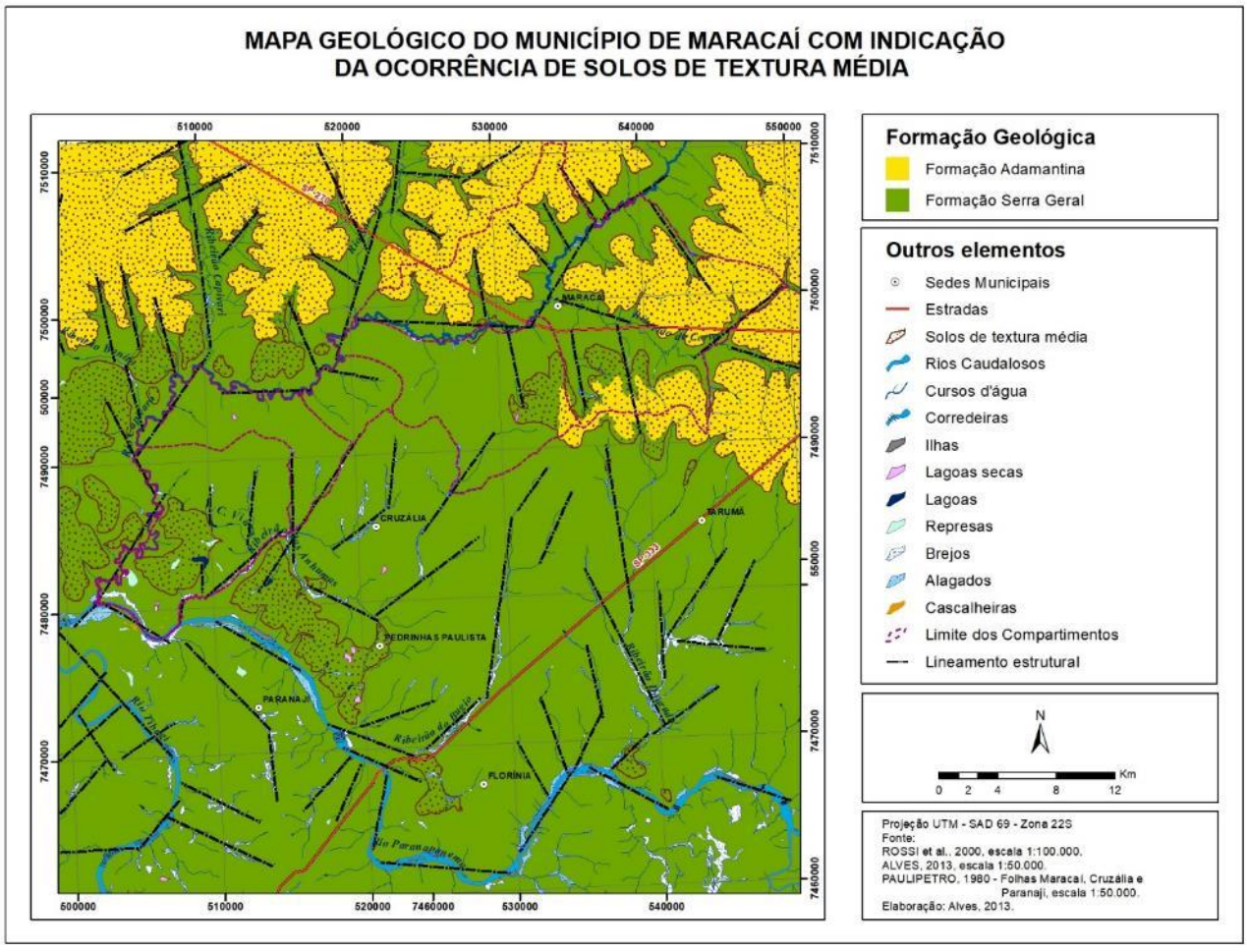


Figura 3: Mapa geológico do município de Maracaí com indicação da ocorrência de solos de textura média.
Fonte: Alves (2013).

Os basaltos atingem mais de 1.000m de espessura nessa região (ETCHEBEHERE et al., 2007), e decorrem do vulcanismo fissural ocorrido no Cretáceo Inferior, a 134,7 Ma., que durou menos de 1,2 Ma. (THIEDE e VASCONCELOS, 2010), servindo de suporte para o Grupo Bauru. A sedimentação do Grupo Bauru ocorreu em discordância sobre o basalto, com conglomerados basais seguidos por arenitos da Formação Adamantina. Este processo de deposição se deu em ambiente fluvial (IPT, 1978), originando arenitos finos e bem selecionados, com ou sem conglomerados (IPT, 1977, 1978, 1981; SOARES et al., 1979; STEIN et al., 1979).

Os arenitos aparecem em altitude mais alta à leste que à oeste, ocorrendo a 480m de altitude ao sul do ribeirão Cervo e a 380m à noroeste (**Figuras 3** e **4**). A movimentação pós-basáltica na Bacia do Paraná, aliada ao período posterior de intensa erosão, teria formado um relevo profundamente irregular que serviu de embasamento para as sequências detríticas posteriores (IPT, 1979). Para Almeida et al. (1981) essa irregularidade se deve não só pela disposição variável dos topos dos

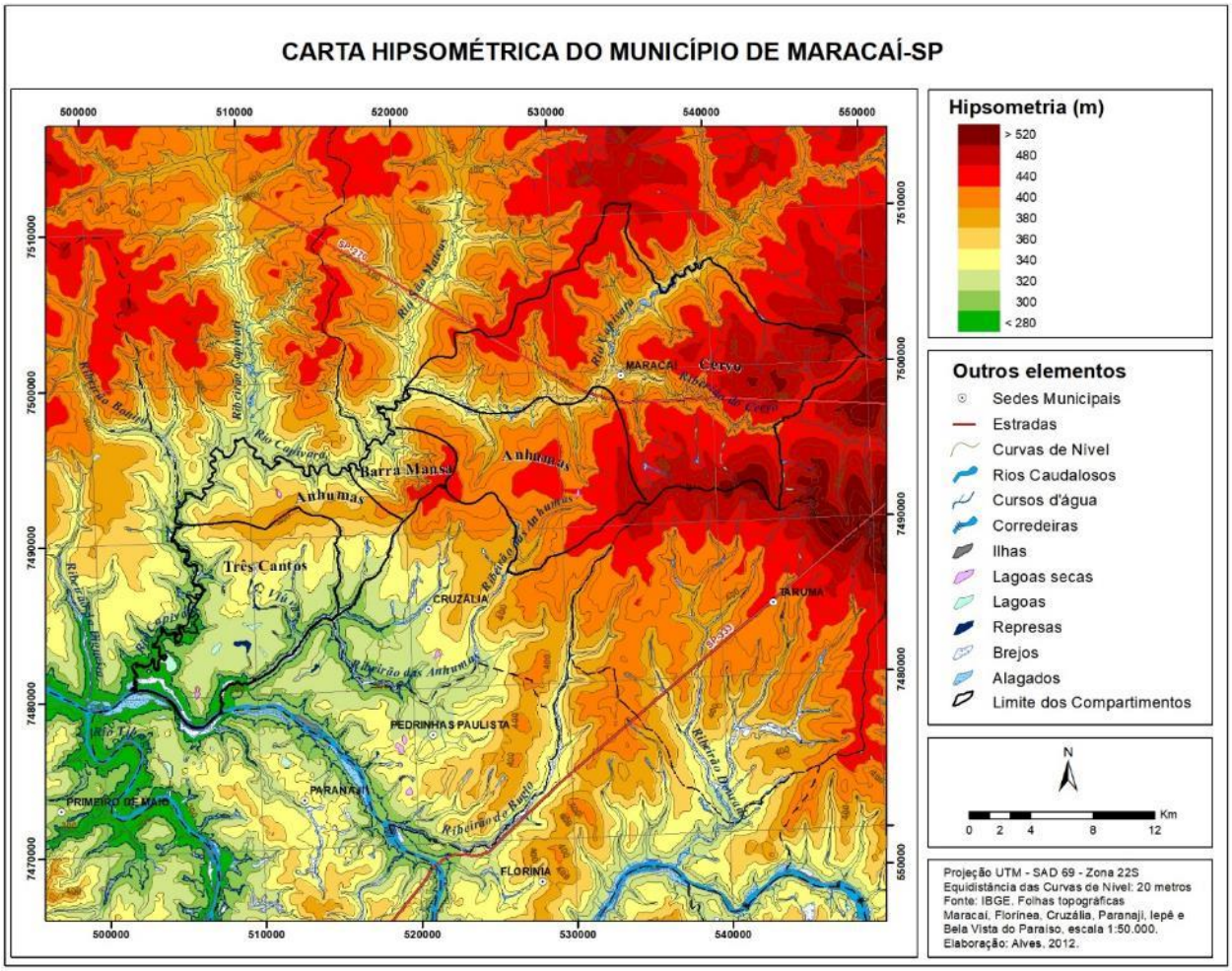


Figura 4: Carta Hipsométrica do município de Maracaí-SP.
Fonte: Alves (2012).

derrames, como também pelos movimentos tectônicos.

Sobre os basaltos, em áreas próximas ao rio Paranapanema, ocorrem solos de textura média cujo material de origem não encontra-se descrito (JOAQUIM et al., 2003; ROSSI et al., 2000). Estes solos decorrem de uma deposição que, atualmente, é encontrada entre 320 e 340 m de altitude, em área de relevo plano, na margem direita do rio Paranapanema, nos municípios de Maracaí, Cruzália, Pedrinhas Paulista e Florínea (**Figuras 3** e **4**).

Os setores mais elevados e dissecados encontram-se a nordeste, no alto curso do rio Capivara e ribeirão Cervo. A alta dissecação está associada ao recuo dos arenitos da Formação Adamantina e à própria evolução fluvial condicionada também pela estrutura geológica. Nas áreas menos dissecadas, podemos observar rampas alongadas em direção ao rio Paranapanema, com interflúvios mais planos e presença de lagoas e depressões fechadas, além de canais de fundo chato e cabeceiras amplas, com extensas áreas brejosas.

O compartimento Cervo está no setor nordeste do município, é marcado pela transição arenito/basalto. Apresenta relevo suavemente ondulado, exposto em colinas amplas que evidenciam a passagem do substrato arenoso para o argiloso através de rupturas de declividade bem marcadas (**Figura 5 a** e **b**). Sobre os arenitos são encontrados Latossolos e Argissolos Vermelhos; sobre os basaltos, Latossolos e Nitossolos Vermelhos (ROSSI et al., 2000).



Figura 5: Paisagem no compartimento Cervo. a) Exemplo de vertentes com topos amplos e ligeiramente convexos, com aumento de declividade na média vertente, onde são encontrados os solos derivados de basalto. b) Vertente com recuo maior na transição para alta vertente, onde ocorre a mudança de solos arenosos para argilosos. A transição é marcada por uma ruptura convexa.
Fonte: Alves (2008).

O compartimento Três Cantos encontra-se no setor sudoeste do município, mapeado com basaltos (PAULIPETRO, 1980). O relevo é ligeiramente plano no topo, com baixas declividades nas vertentes que drenam para depressões fechadas e declividades um pouco maiores nas vertentes que drenam para o rio Capivara e ribeirão das Anhumas (**Figura 6 a** e **b**). Na área há uma grande

quantidade de depressões fechadas e lagos, além de alguns canais de primeira ordem com cabeceiras amplas. Nas vertentes destes canais é possível encontrar afloramentos de couraças e basaltos que serviram como material de origem dos solos; estes afloramentos apresentam, em geral, a mesma altitude. As couraças derivam do basalto e do material depositado acima deste



Figura 6: Paisagem no compartimento Três Cantos. a) vertentes convexas com declividades baixas que drenam para a lagoa Mandacaru; b) vertentes que drenam para o rio Capivara, possuem topos amplos e convexos e aumentam a declividade a partir do terço inferior, que encontra-se em parte afogado pela represa hidrelétrica Capivara.
Fonte: Alves (2014).

(ALVES, 2014). Os solos deste compartimento variam de areno-argilosos a argilosos, com predominância de Latossolos que variam de vermelhos a amarelos (ROSSI et al., 2000).

Em Alves (2014), identificamos vários afloramentos de couraça (**Figura 7**), indicando serem estes os materiais de origem de grande parte dos solos do compartimento Três Cantos. As couraças também são responsáveis por manter o relevo mais plano que em outras áreas do município de Maracaí-SP (Alves, 2010). Nos mapeamentos de PAULIPETRO (1980) e ROSSI et al. (2000) não há a indicação da presença de couraças ferruginosas, nem menção de solos delas derivados, como, aliás, é pouco documentado no Planalto Ocidental Paulista, a despeito de sua frequente ocorrência em diferentes níveis topográficos (COELHO et al., 2001).

Embora alguns autores indiquem que as couraças da região são fruto de diferentes deposições (BONGIOVANNI, 2008; SALLUN et al., 2011), não acreditamos que este seja o caso das couraças encontradas no compartimento Três Cantos, pois as observações realizadas indicam uma uniformidade no material, com a presença de uma camada cimentada por ferro.

O material areno-argiloso depositado acima do basalto, que encouraçou e posteriormente teria dado origem aos solos de textura média, aparece entre 320 e 340m de altitude, em topos planos onde se concentram as depressões. Este material pode ser também encontrado em interflúvios

planos de Pedrinhas Paulista (SP) e Paranagi (PR), áreas com as mesmas características do compartimento (**Figuras 3** e **4**), posicionado aproximadamente a 100m abaixo do nível de deposição do arenito Adamantina, o qual ocorre acima de 440m no norte/noroeste dessa área e acima de 480m a sudoeste. No centro do compartimento, o material apresenta pelo menos 9 metros de espessura, profundidade superior àquelas comumente atribuídas ao arenito Botucatu

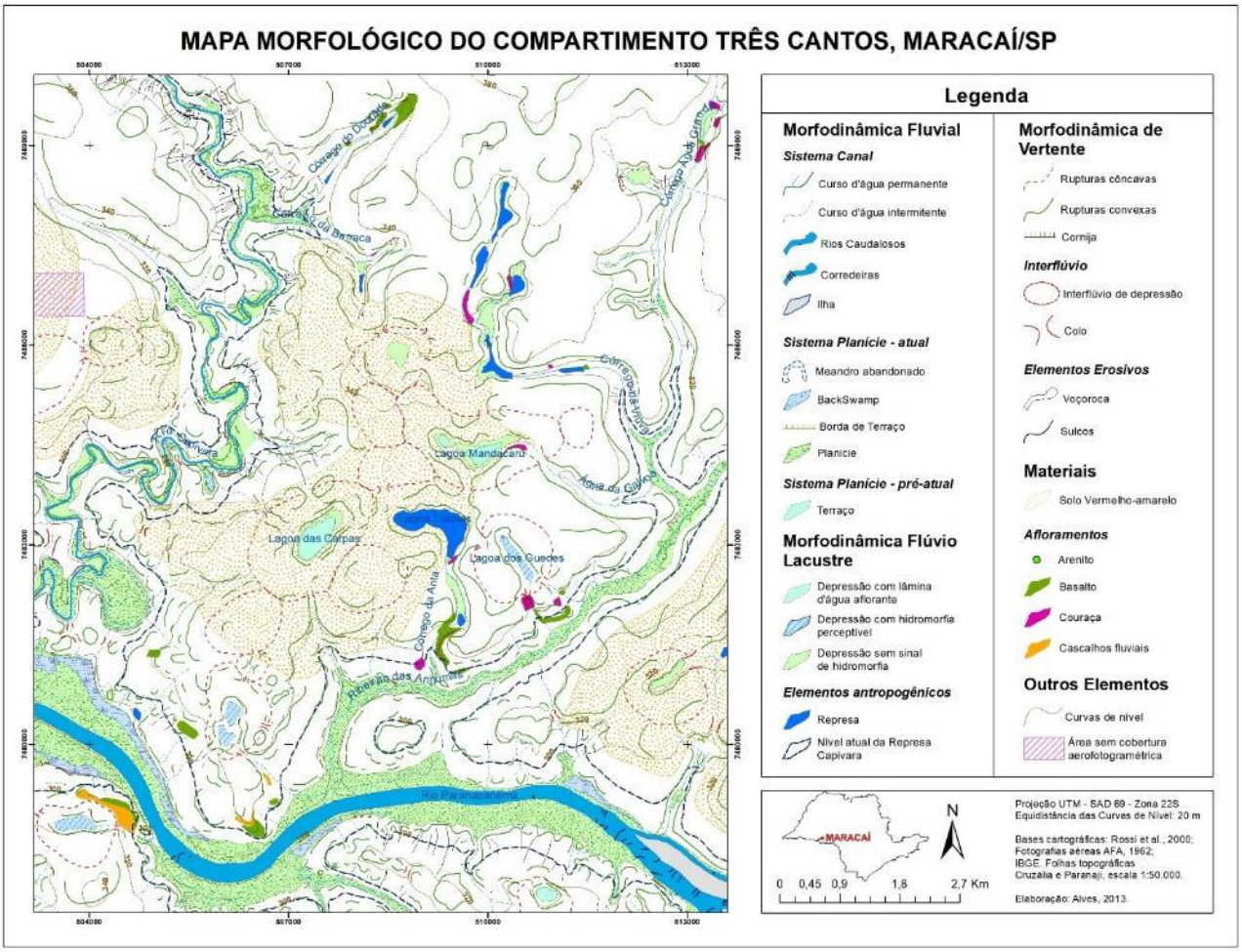


Figura 7: Mapa morfológico do compartimento Três Cantos, Maracaí-SP.
Fonte: Alves (2014).

intertrapp (IPT, 1978, 1979, 1981). Outros pesquisadores consideram esses tipos de depósitos como mais recentes, do Cenozoico (HASUI et al., 1978; SOARES et al., 1979; STEIN et al., 1979; BONGIOVANNI, 2008; PEREIRA, 2014).

Os afloramentos de basalto são observados nas vertentes e cabeceiras de drenagem, predominantemente, abaixo de 320m de altitude, exceto na cabeceira do córrego do Dourado, ao norte, em que aparecem próximos a 340m (**Figura 7** e **8**), enquanto os afloramentos de couraça, a 320 e 340m de altitude, associados ou não a afloramentos de basalto. Essa característica

demonstra que as couraças se formaram acima do basalto. Em alguns locais foi possível

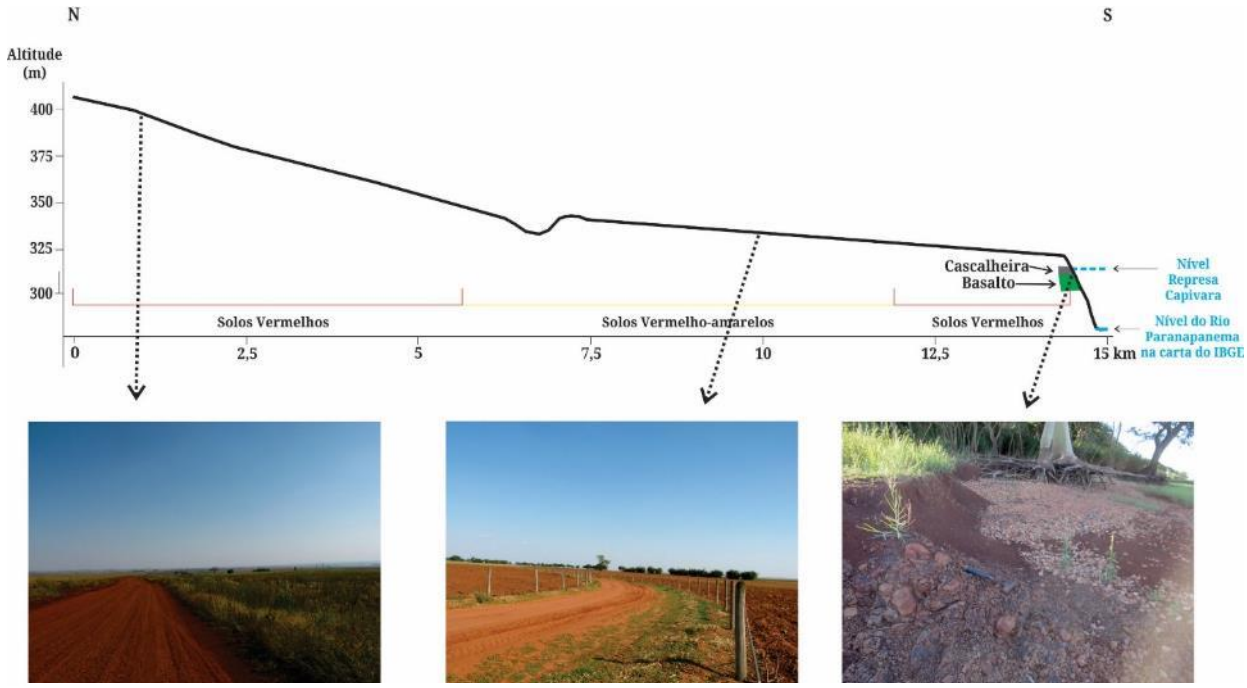


Figura 8: Perfil topográfico do interflúvio principal do compartimento Três Cantos com a distribuição dos solos. Fonte: Alves (2014).

reconhecer que o material encouraçado não é proveniente da alteração direta do basalto, pela expressiva quantidade de grãos de quartzo, incluindo, ocasionalmente, seixos ou pequenos fragmentos de arenito. Além disso, as couraças assentadas diretamente sobre basalto possuem fácies pisolíticas, como também assinalado por Ladeira (1995) em Guaíra-SP.

Os afloramentos de couraça e de basalto são encontrados, em geral, na média/baixa vertente, com continuidade lateral nos solos evidenciada por rupturas convexas de declividade, muito destacadas nas colinas. Esses afloramentos são frequentes nas cabeceiras amplas e estreitamentos de canal, indicando entalhes mais recentes, promovendo aprofundamento dos vales e, em alguns casos, abertura de depressões, como nos córregos da Anta e Água Grande (**Figura 7**). Assim, as depressões atualmente abertas à rede de drenagem revelam-se como cabeceiras amplas com afloramentos de couraça na baixa vertente e sistemas pedológicos em transformação, com uma geometria de volumes que não acompanha a forma das vertentes, o que indica que os solos estão em fase de adaptação à nova condição de circulação hídrica, em busca de um equilíbrio dinâmico (BOULET et al., 1997). Nas depressões fechadas também são observados sistemas pedológicos em transformação, com camadas encouraçadas ou resquícios destas ocorrendo no corpo do solo.

No compartimento Três Cantos ocorrem ainda depósitos de cascalhos 40m acima do nível atual

dos rios (desconsiderando o nível da represa hidrelétrica), em altitude similar aos depósitos areno-argilosos (**Figura 8**). Fulfáro e Suguio (1974) consideram que os depósitos de cascalhos, encontrados nos grandes rios da Bacia do Paraná, são fruto da reativação Miocênica de falhas no interior do continente que teria causado uma barragem natural da paleodrenagem, com sedimentação e colapso após o preenchimento dos vales fluviais. O reestabelecimento da rede de drenagem, com nível de base diferente, teria deixado as camadas de seixos de quartzo e quartzito em nível superior ao dos canais dos principais rios.

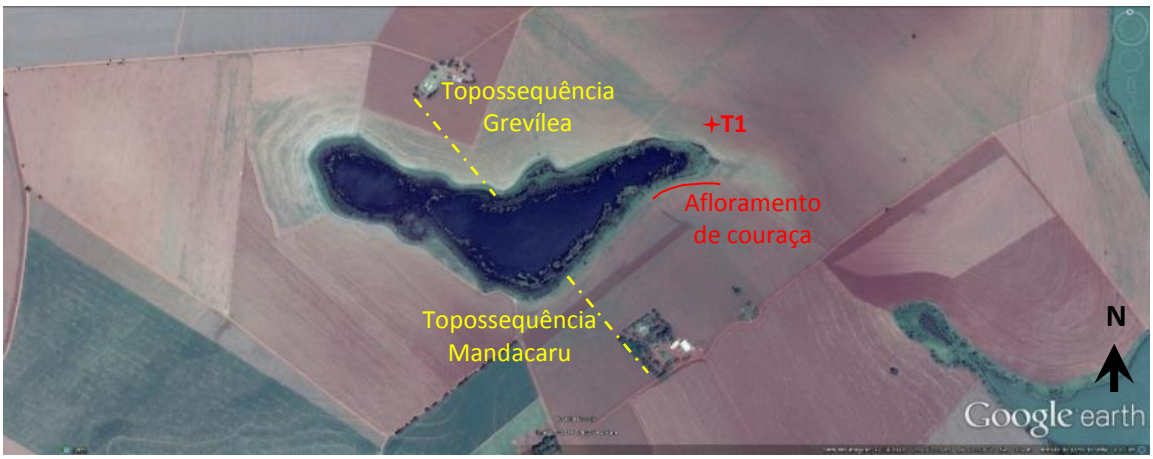


Figura 9: Depressão da lagoa Mandacaru com indicação das topossequências, do afloramento de couraça e de um ponto de tradagem. (Imagem de satélite do Google Earth de 14/11/200, época de cheia da lagoa).
Fonte: Alves (2017)

Nos setores com solos vermelhos ocorrem afloramentos de couraças e/ou basaltos, ou ainda couraça em profundidade. Já nos setores em que os solos são mais amarelados encontramos apenas resquícios de couraças nestes (**Figura 10**). As diferenças de coloração podem ser observadas em imagem de satélite (**Figura 9**), nas áreas em que os solos estão desnudos. A coloração vermelha está associada a quantidade de argila e ferro oxidado, já a cor esbranquiçada decorre da maior porcentagem de areia.

Os solos vermelhos são eutróficos, com alta saturação por bases, texturas que variam de argilosa à média. Os solos vermelho-amarelados a amarelados são distróficos, com baixa saturação por bases, textura média e apenas vestígios de couraça, como na topossequência Grevílea (**Figura 10**). Na topossequência Mandacaru observamos uma fase intermediária com a existência de couraça e solos vermelhos que se transformam em amarelados e, mais abaixo, em acinzentados, com total desaparecimento da couraça (**Figura 11**).

Os solos da topossequência Mandacaru são mais ricos em bases, sílica, ferro e argila do que os da topossequência Grevílea, resultando em diferentes colorações na superfície que podem ser observadas na imagem de satélite (**Figura 9**): a superfície da área da topossequência Grevílea apresenta coloração mais clara do que a da topossequência Mandacaru, mais avermelhada; a vertente Mandacaru é mais elevada e convexa do que a Grevílea, com nível de água abaixo da couraça.

A **Figura 11** evidencia que o horizonte Bw e a couraça se transformam em horizonte Bt, acompanhando uma ruptura convexa na vertente, que prossegue a NE e coincide com o afloramento de couraça da margem da lagoa **(Figura 9**), sugerindo sua continuidade lateral. Na margem oposta ao seu afloramento - local indicado com T1 - é possível encontrar a couraça a 2,5m de profundidade; essa camada seria contínua em direção à topossequência Grevílea, onde se

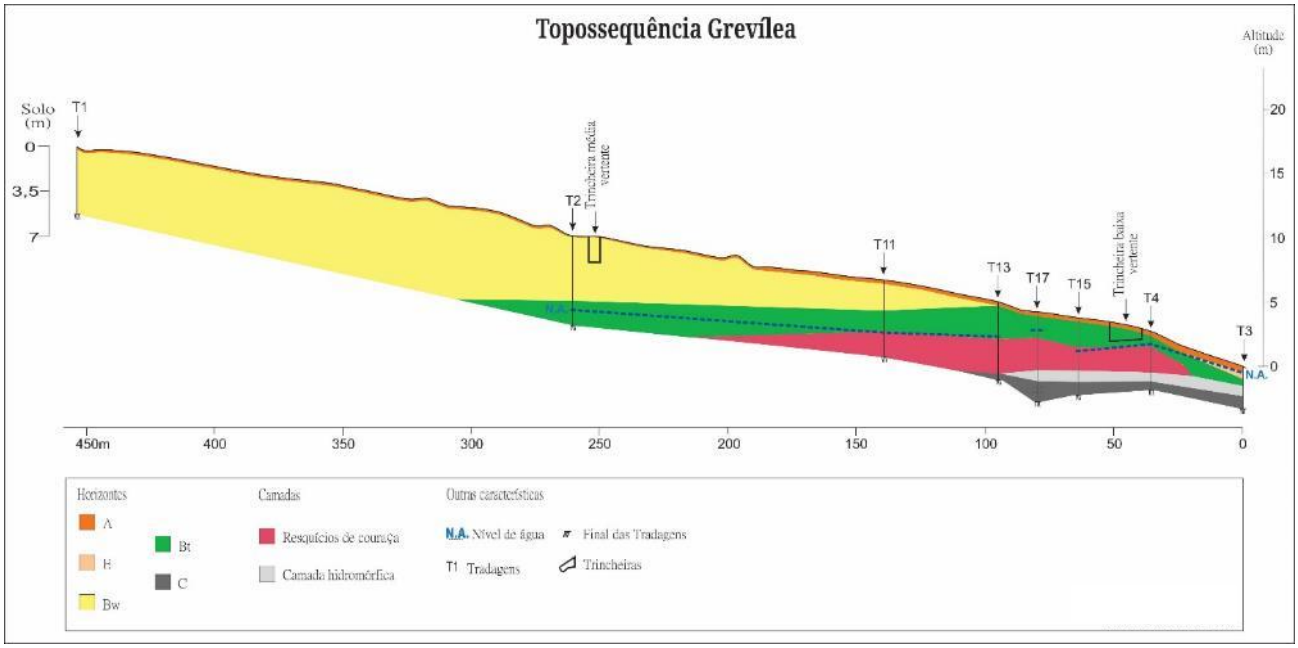


Figura 10: Topossequência Grevílea.
Fonte: Alves (2014).

encontra bem alterada, apenas com fragmentos endurecidos numa camada mais avermelhada abaixo do nível do lençol freático.

A granulometria apresentada na **Tabela 2** reflete a diversidade de texturas encontradas no compartimento Três Cantos que varia de média-arenosa (T1) à argilosa (T16-2). A textura expedita (realizada no campo) indicou que os solos da topossequência Mandacarú são mais argilosos que os solos da topossequência Grevílea, no entanto, o resultado da granulometria das amostras T10 e T16-1 (topossequência Mandacarú) apresentou uma quantidade de argila inferior à encontrada

nas amostras no mesmo nível na topossequência Grevílea (T1 e T17-1). A sub-representação da argila levou à uma superestimação do silte para as amostras T10 e T16-1, correspondentes aos Latossolos; isso se deve ao método adotado para granulometria, que não foi eficiente para desfazer os agregados de ferro e argila, que acabaram elevando os valores da fração silte.

A amostra T16-2 possui a maior quantidade de argila dentre as analisadas, essa amostra está próxima da profundidade em que foram encontrados fragmentos de basaltos que impossibilitaram a continuação das tradagens.

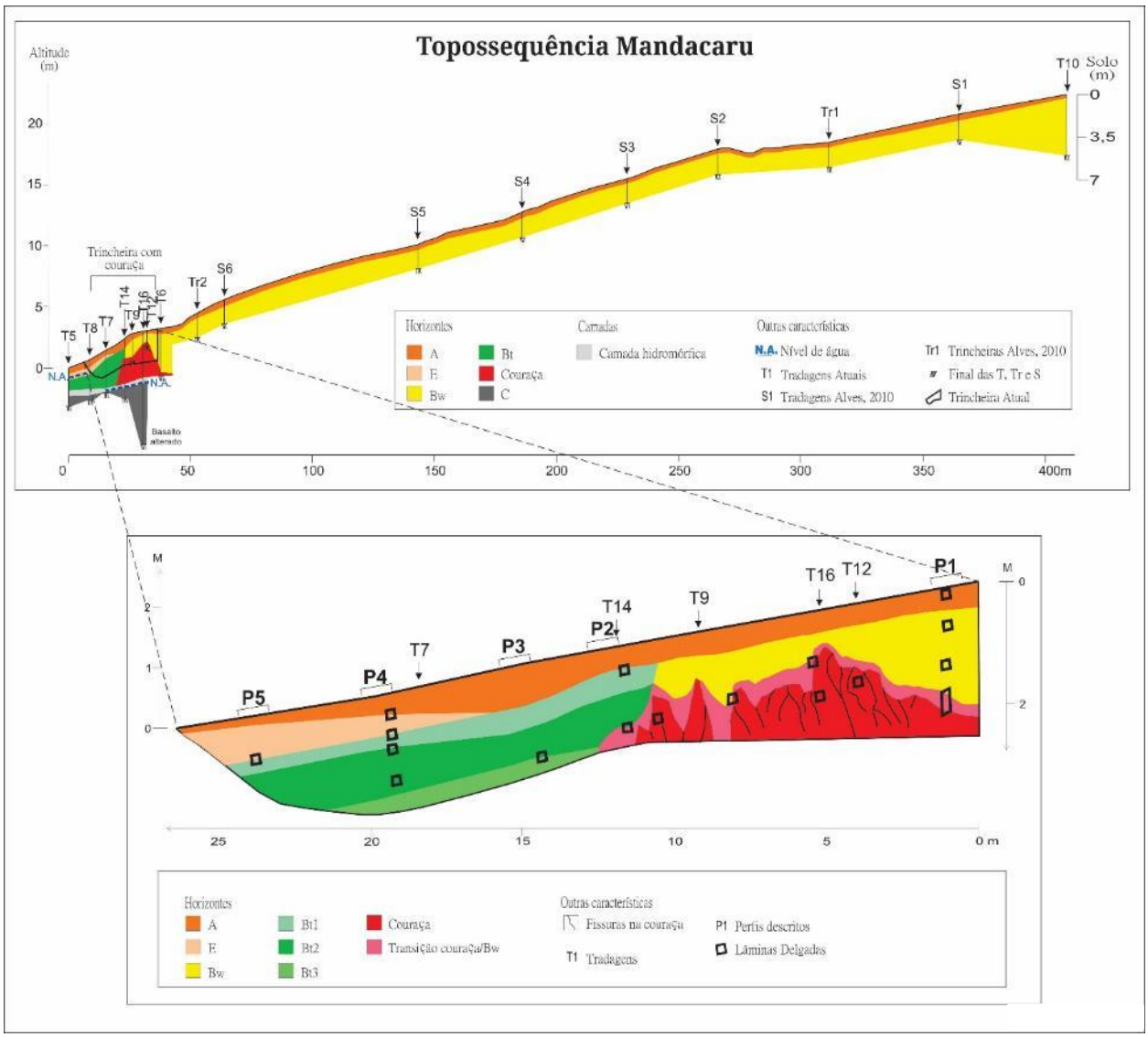


Figura 11: Topossequência Mandacaru.
Fonte: Alves (2014).

Tabela 2: Granulometria e distribuição da fração areia das amostras analisadas.

Amostra	Argila (g/kg)	Silte (g/kg)	Areia (g/kg)	Classes da fração areia (%)

	< 0,002	0,002-0,053	0,053-2	0,053-0,0625	0,0625-0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1-2
T10	**189**	**423**	**388**	0,5	12,6	16,1	8,6	0,9	0,1
T16-1	**162**	**346**	**492**	0,3	15,8	19,2	11,8	1,8	0,3
T16-2	**528**	**233**	**239**	0,4	7,1	8,5	5,6	1,4	0,9
T1	**194**	**98**	**708**	0,1	16,9	29,8	21,1	2,8	0,1
T17-1	**255**	**128**	**617**	0,4	19,6	24,3	14,8	2,4	0,2
T17-2	**269**	**200**	**531**	0,5	39,3	9,2	3,6	0,5	0,0
TP	**209**	**68**	**723**	1,6	32,7	29,0	8,2	0,6	0,2

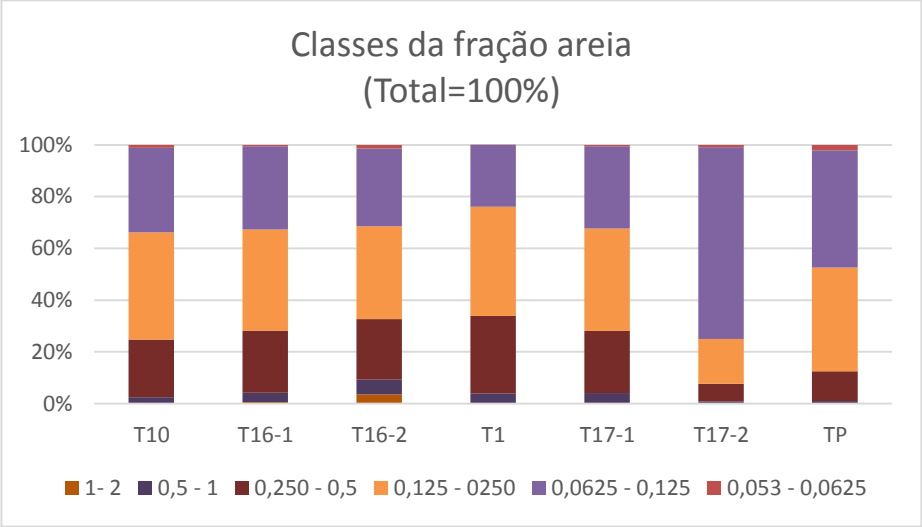


Figura 12: Distribuição da fração areia, considerando o total de areia de cada amostra como 100%.
Fonte: Alves (2017).

A **Tabela 2** e a **Figura 12** permitem visualizar a distribuição dos diferentes tamanhos de grãos de areia nas amostras analisadas, indicando uma semelhança nas amostras T1, T17-1, T10, T16-1 e T-16-2, com mais de 60% concentrados entre 0,125-0,5mm, e entre 24 e 33% na classe 0,0625-0,125mm. As amostras T17-2 e TP apresentam a maior quantidade de areia fina na classe de 0,0625-0,125mm. A amostra T17-2 possui a maior quantidade de areia fina, concentrando 74% da areia na classe 0,0625-0,125. Já a amostra TP apresenta a fração areia distribuída em duas classes: 45,3% na classe 0,0625-0,125mm e 40,1% na classe 0,125-0,250mm.

No que diz respeito ao grau de arredondamento encontrado nos grãos da fração areia, verificamos que aqueles encontrados mais próximos à superfície apresentam características semelhantes entre os pontos da mesma topossequência, pontos T10, T16-1, T1 e T17-1 (**Tabela 3**). Na comparação entre as topossequências notamos uma diferença, pois os grãos da Mandacaru são mais angulosos que os da Grevílea. As amostras mais profundas apresentam características distintas das existentes a 1,5m: a T16-2 apresenta mais grãos subarredondados (**Figura 14**),

diferindo dos grãos encontrados a 1,5m de profundidade (**Figura 13**); a T17-2 mais grãos angulares que a amostra a 1,5m.

Com relação à forma, todas as amostras apresentam a predominância de grãos picotados (**Figuras 13** e **14**); os grãos inteiros representam menos de 10% em todas as amostras. A maior parte apresenta um aspecto superficial rugoso (**Tabela 4**), em geral, com alguma face mais alisada por

Tabela 3: Características morfoscópicas da fração modal das areais – Grau de arredondamento e textura superficial.

Amostra	Grau de arredondamento (%)					Forma (%)		
	Angular	Subangular	Subarredondado	Arredondado	Muito arredondado	Inteiro	Fraturado ou quebrado	Picotado
T10	40	40	18	2	0	3	4	94
T16-1	40	42	17	1	0	8	9	83
T16-2	18	35	46	1	0	9	12	73
T1	13	45	39	3	0	6	21	73
T17-1	9	54	37	0	0	2	5	93
T17-2	52	34	14	0	0	0	4	96
TP	65	35	0	0	0	0	9	91

conta da quebra do grão.

Nas amostras do compartimento Três Cantos predominam grãos polidos, já na amostra do compartimento Cervo predominam grãos foscos (**Tabela 4**). Destacamos que a amostra T17-2, embora possua a predominância de grãos polidos, se diferenciar por apresentar grande quantidade de grãos foscos.

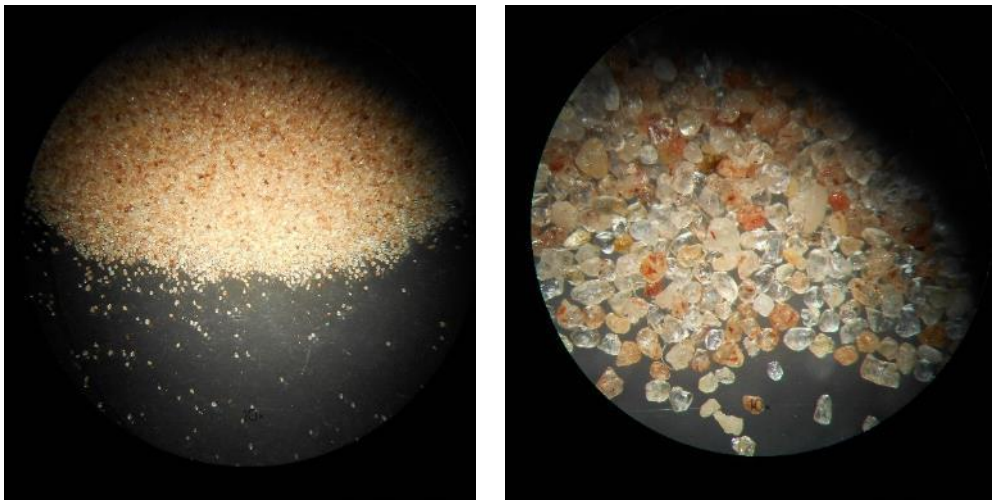


Figura 13: Fotografias dos grãos de areia do T16-1, com aumento de 2x e 10x.
Fonte: Alves (2017).

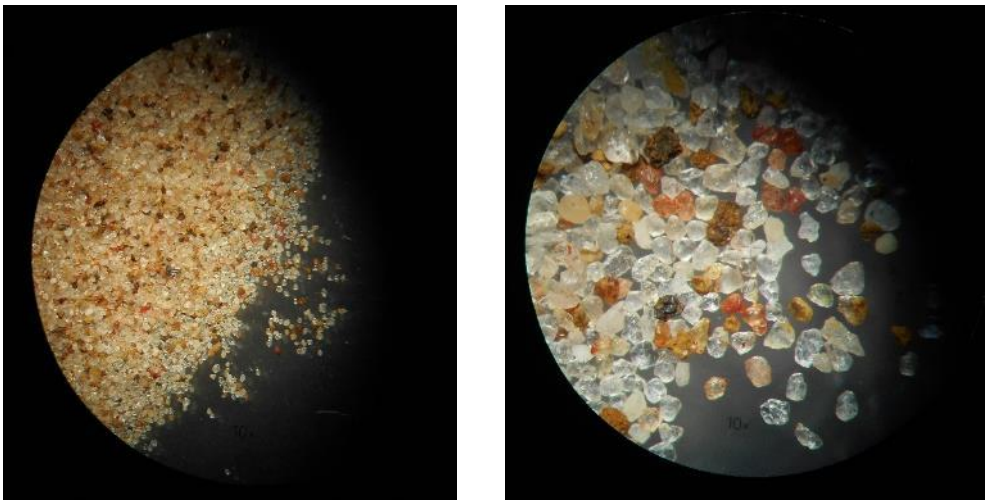


Figura 14: Fotografias dos grãos de areia da T16-2, com aumento de 2x e 10x.
Fonte: Alves (2017).

Tabela 4: Características morfoscópicas da fração modal das areais – Aspecto e textura superficial, e mineralogia sumária.

Amostra	Aspecto superfícial (%)		Textura superficial (%)		Mineralogia Sumária (%)				
	Liso	Rugoso	Polida	Fosca	Quartzo NF	Quartzo F	Magnetita	Fragmentos de couraça	Poliminerais
T10	11	89	91	0	60	36	3	1	0
T16-1	13	87	90	1	59	37	1	3	0
T16-2	20	80	80	7	65	26	0	9	0
T1	27	73	83	16	37	62	0	1	0
T17-1	24	76	70	27	64	33	0	2	1
T17-2	19	81	57	39	88	9	0	2	1
TP	14	86	24	76	31	69	0	0	0

NF: não ferruginoso; F: ferruginoso.

A mineralogia dos grãos de areia é composta predominantemente de quartzo (**Tabela 4**), com grande quantidade de grãos de quartzo ferruginizados nas amostras retiradas a 1,5m de profundidade. As amostras T1 e T10 apresentaram maior quantidade de grãos ferruginizados (**Figuras 15** e **16**), grande parte das manchas avermelhadas concentram-se em pontos que parecem ser de corrosão e em fraturas existentes nos grãos de quartzo.

Em todas as amostras do compartimento Três Cantos foram encontrados fragmentos de couraça, sendo mais recorrente na Mandacaru; na amostra do compartimento Cervo foram observados fragmentos de couraça. Nas amostras da topossequência Mandacarú também foram encontrados grãos de magnetita, com maior ocorrência na amostra da alta vertente.

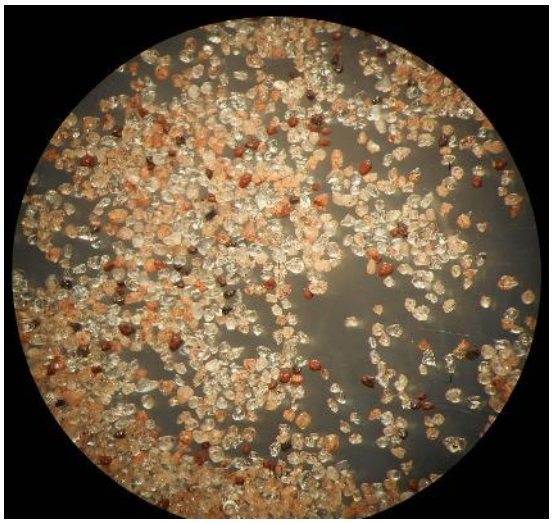


Figura 16: Grãos de areia da T10, com aumento de 6x.
Fonte: Alves (2017).

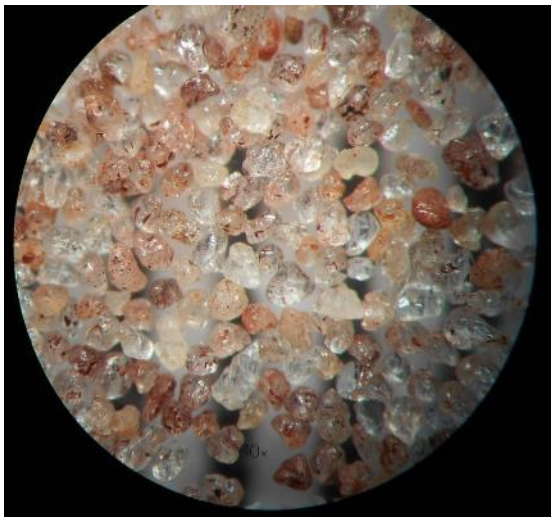


Figura 16: Detalhe dos grãos de areia da T1, com aumento de 10x.
Fonte: Alves (2017).

Destacamos que o fato das topossequências apresentarem solos com diferenças texturais e químicas pode contribuir para que ocorra uma diferenciação das características dos grãos de areia que podem ser decorrentes dos processos pedogenéticos. Entre as modificações temos: a fragmentação dos grãos por *plasma infusion* (ESWARAN et al., 1975; ESWARAN e STOOPS, 1979), processos de dissolução e reprecipitação alternada de sílica, (SUGUIO, 2003), corrosão química formando poços de dissolução em formatos triangulares (MARCELINO e STOOPS, 1996). Os grãos lisos podem ser de origem subaquosa e os rugosos de origem eólica, ou terem sido submetidos a processos de dissolução e reprecipitação alternada de sílica, ou, ainda, teriam sofrido corrosão química (SUGUIO, 2003). A forma dos grãos pode indicar que o material teria sofrido um retrabalhamento a curtas distâncias ou foi submetido à atuação de processos pedogenéticos intensos (SILVA et al., 2002). A diversidade de formas, com muitos grãos quebrados ou picotados, e diferentes graus de arredondamento podem estar relacionadas a grãos policíclicos.

A análise morfoscópica indica uma diferenciação em profundidade nas duas topossequências, sendo que no ponto T16 a diferença é pequena em relação a amostra de 1,5m de profundidade, relacionada à maior quantidade de argila, grãos subarredondados e maior ocorrência de fragmentos de couraça, podendo indicar apenas à atuação de processos pedogenéticos locais mais intensos.

A amostra T17-2 representa claramente uma descontinuidade litológica, caracterizada por um paleoambiente com maior seleção nos grãos de areia, que são mais angulares e foscos que os encontrados no compartimento Três Cantos. A amostra do compartimento Cervo indica um paleoambiente de sedimentação com capacidade de seleção do tamanho dos grãos melhor que a

das amostras do compartimento Três Cantos, exceto no caso da amostra T17-2.

Na amostra do compartimento Cervo não observamos fragmentos de couraça entre os grãos da fração areia analisada. Já no compartimento Três Cantos os fragmentos são constantes, possuindo maior expressividade nas amostras da topossequência Mandacaru, que também apresentam maior ocorrência de magnetita.

Entre as topossequências há uma diferença, sobretudo no grau de arredondamento, no entanto, devemos ressaltar que a maior angularidade dos grãos da topossequência Mandacaru pode ser devido aos processos pedológicos que podem decorrer da maior presença de argila e ferro, responsável pelo fenômeno do *plasma infusion*, por exemplo. A maior quantidade de ferro na topossequência Mandacaru pode ter contribuído também para a dissolução dos grãos de quartzo, conferindo-lhes uma maior rugosidade, tal como observado por Sallun e Suguio (2006).

Conclusões

As análises morfoscópicas indicaram que os materiais de origem das couraças e dos solos são os mesmos, ocorrendo apenas uma diferenciação decorrente dos processos de evolução pedológica que permitiram a formação da couraça e sua posterior transformação em solo. Alves (2014) já havia indicado que as couraças da área se formaram em outra condição ambiental e eram mais espessas, com maior dimensão areal. Aquela pesquisa mostrou que atualmente as couraças estão sendo alteradas em Latossolos, nas áreas com melhor circulação hídrica, e em Argissolos quando a circulação hídrica é reduzida e há ocorrência de processos hidromórficos; a existência de um lençol freático abaixo da couraça permitiria sua transformação mais lenta, em Latossolo, preservando parte da couraça nos solos. Este trabalho reforça que o material é o mesmo e o que seria responsável pelas diferenças existentes nos solos, de fato, seria a evolução pedológica.

O material que deu origem aos solos das duas topossequências no compartimento Três Cantos é o mesmo, exceto em profundidade onde aparece uma possível lente de arenito Botucatu (T17-2). Estes materiais são diferentes do encontrado no compartimento Cervo, que deriva do arenito Adamantina, além disso, o compartimento Três Cantos apresenta uma paisagem particular, com altimetria menos elevadas, relevo mais plano, vertentes suaves e solos com características químicas e físicas também diferenciadas.

A diferenciação dos solos dentro deste compartimento seria decorrente de um diferente estágio de evolução pedológica que teria levado à maior degradação das argilas e do ferro nos solos mais

amarelados, que pode ser observada pela coloração, menor quantidade de argila e fragmentos de couraça, além de características químicas mais ácidas, associados às vertentes mais retilíneas. Os solos mais amarelados estão no centro do compartimento associados o nível freático mais alto, como expresso na topossequência Grevílea, estando relacionados à formação de depressões.

A idade destes materiais seria Cenozoica, admitindo uma variedade de características entre os materiais, mas que na área apresentam uma uniformidade no que diz respeito à caracterização da areia. Provavelmente estes materiais não seriam muito recentes dentro do Cenozoico, pois apresentam, ainda hoje, couraças métricas que necessitaram de alguns milhares de anos para se formarem. O paleoambiente de deposição é difícil de ser determinado, pois os grãos de areia parecem possuir uma natureza policíclica, além de terem sofrido alterações decorrentes de processos pedogenéticos. Para entender melhor estas questões seria interessante utilizar outras técnicas como datação e microscopia eletrônica, que poderiam auxiliar na determinação da idade e ambiente de deposição.

Destacamos que a ocorrência da couraça em altimetrias semelhantes indica um antigo nível de base durante a sua formação. Este nível de base estaria relacionado ao antigo leito do rio Paranapanema, registrado nas cascalheiras existentes 40m acima da atual margem do rio. Tais características levam ao questionamento da possibilidade destes depósitos estarem relacionados a antigos terraços do rio Paranapanema.

Esperamos que este trabalho contribua para a discussão dos Depósitos Cenozoicos e inspirem outros autores a apresentarem descrições mais detalhadas de áreas de ocorrência destes materiais.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPESP (Processo 2011/00531-0) e PNPD/CAPES pelas bolsas concedidas.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A.; PONÇANO, W. L.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. (Coletânea de Trabalhos e Debates..., Ed.) In: A Formação Bauru no estado de São Paulo e regiões adjacentes, Mesa Redonda, **Anais**...Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo São Paulo, 1981.

ALVES, G. B. **O perfil cultural dos principais sistemas pedológicos do município de maracaí/sp**.

2010. Pós-Graduação em Geografia (Dissertação de mestrado), UEM, Maringá, 2010.

ALVES, G. B. **O estudo da cobertura pedológica e sua relação com a formação e evolução de depressões no sudoeste de maracaí (sp)**. 2014. Pós-graduação em Geografia Física (Tese de Doutorado), FFLCH-USP, 2014.

BONGIOVANNI, S. **Caracterização geológica do município de assis: a importância do estudo das coberturas cenozóicas**. 2008. UNESP - Rio Claro, 2008.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F.-X. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et Cartographie en pédologie. I - Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique : les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. **Cahiers de OSTROM**, v. XIX, n. 4, p. 309–321, 1982a.

BOULET, R.; HUMBEL, F.-X.; LUCAS, Y.; CENTRE, O. R. S. T. O. M.; CAYENNE, D.; SCIENTIFIQUES, S. Analyse structurale et Cartographie en pédologie. III Passage de la phase analytique A une cartographie gén6rale synthétique. **Cahiers de ORSTOM**, v. XIX, n. 4, p. 341–351, 1982b.

BOULET, R.; HUMBEL, F.-X. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et Cartographie en pédologie. II-Une Méthode d'analyse prennant en compte l'organisationtridimensionnelle des couvertures pédologiques. **Cahiers de OSTROM**, v. XIX, n. 4, p. 323–339, 1982.

BOULET, R.; LUCAS, Y.; FRITSCH, E.; PAQUET, H. Geochemical processes in Tropical landscapes: role of the soil covers. In: PAQUET, H.; CLAUER, N. (Ed.). **Soils and sediments: mineralogy and geochemistry**. [s.l.] Springer, 1997. p. 67–96.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. . Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. **Boletim técnico**, v. 106, p. 77, 2009. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/Boletim106.pdf>.

COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO, P.; LADEIRA, F. S. B. Macro e micromorfologia de ferricretes nodulares desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru, Formação Adamantina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 371–385, 2001.

EMBRAPA, (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. rev. ed. [s.l: s.n.]

ESWARAN, H.; STOOPS, G. Surface Textures of Quartz in Tropical Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 43, p. 420–424, 1979.

ESWARAN, H.; SYS, C.; SOUSA, E. C. Plasma infusion. A pedological process of significance in the humid tropics. **Anales de Edafología y Agrobiología**, v. 34, p. 665–674, 1975.

ETCHEBEHERE, M. L. de C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J. Análise de bacia aplicada à prospecção de água subterrânea no Planalto Ocidental Paulista, SP. **Geociencias**, v. 26, n. 3, p. 229–247, 2007.

FULFARO, V. J.; SUGUIO, K. O Cenozoico paulista: gênese e idade. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974.

HASUI, Y.; PONÇANO, W. L.; STEIN, D. P.; MELO, M. S. Investigação estrutural na região de Primeiro de Maio, SP e PR. In: 2º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia, São Paulo. **Anais**... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia, 1978.

IPT, I. de P. T. **Investigação geológico-estrutural reservatório capivara, 1º de maio, pr e sp**. [s.l.] CESP (Relatório 10.664), 1977.

IPT, I. de P. T. **Mapeamento geológico na área de implantação da barragem de capivara**. São Paulo: (Relatório 10.883), 1978.

IPT, I. de P. T. **Investigação geológico-estrutural de parte das bacias dos rios paraná e paranapanema, estados de são paulo, paraná e mato grosso**. São Paulo: (Relatório 12.385), 1979.

IPT, I. de P. T. **Mapa Geológico do estado de São Paulo**São PauloIPT, Div. Minas e Geol. Aplicada, , 1981. .

JOAQUIM, A. C.; PRADO, H.; MENK, J. R. F.; ROSSI, M.; LEPSCH, I. F.; BOGNOLA, I. A. **Levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo: quadrícula de Maracaí. II Memorial Descritivo**CampinasIAC, , 2003. .

KRUMBEIN, W. C. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Research**, v. 11, n. 2, p. 64–72, 1941.

LADEIRA, F. S. B. **Estudo micromorfológico de um latossolo roxo no município de guaíra - sp**. 1995. Pós-Graduação em Geografia Física (Dissertação de Mestrado), FFLCH, USP, 1995.

MARCELINO, V.; STOOPS, G. A weathering score for sandy soil materials based on the intensity of etching of quartz grains. **European Journal of Soil Science**, v. 47, n. March, p. 7–12, 1996.

PAULIPETRO. **Mapas geológicos do bloco 44: folhas Cruzália, Paranaji e Maracaí**Escala 1:50.000, , 1980. .

PEREIRA, A. N. **Análise morfoestrtural da bacia do rio das cinzas (pr): folhas ribeirão do pinhal e santo antônio da platina**. 2014. UNESP - Ourinhos, 2014.

ROSSI, M.; JOAQUIM, A. C.; BOGNOLA, I. A.; PRADO, H.; MENK, J. R. F.; LEPSCH, I. F. **Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo: Folha de Maracaí**CampinasIAC, , 2000. .

SALLUN, A. E. M.; DE PAULA, M. S.; SOBRINHO, J. M. A.; FILHO, W. S.; YEE, M.; TATUMI, S. H.; RAMOS, A.; CHRISTOFOLETTI, S. R.; DO AMARAL, R.; XAVIER, B. C.; PAULA, M. S. De; AZEVEDO SOBRINHO, J. M.; SALLUN FILHO, W.; YEE, M.; TATUMI, S. H.; RAMOS, A.; CHRISTOFOLETTI, S. R.; AMARAL, R. Do; XAVIER, B. C. Seções de referência de subsuperfície da aloformação paranavaí. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, v. 11, n. 2, p. 21–44, 2011. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/27505>.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. Depósitos quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 3, p. 385–395, 2006.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa-MG: SBCS, 2013.

SCHNEIDER, H. . Problems of quartz grain morphoscopy. **Sedimentology**, v. 14, p. 325–335, 1970.

SILVA, M. S. L. da; KLAMT, E.; CAVALCANTI, A. C.; KROTH, P. L. A densament o densamento subsuperficial em solos do semi-árido : processos geológicos e / ou pedogenéticos 1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 314–320, 2002.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FULFARO, V. J.; AMARAL, G.; SUGUIO, K.; COIMBRA, A. M.; SOBREIRO NETO, A. F.; GIANCURSI, F.; CORREA, W. A. G.; CASTRO, C. G. J. Geologia da região sudoeste do Estado de São Paulo. In: Simpósio Regional de Geologia, Rio Claro. **Anais**... Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1979.

STEIN, D. P.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, M. A.; HASUI, Y.; PONÇANO, W. L.; ALMEIDA,

F. F. M. Geologia de parte dos vales dos rios Paraná e Paranapanema. In: Simpósio Regional de Geologia, Rio Claro. **Anais**... Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1979.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Blucher, 2003.

THIEDE, D. S.; VASCONCELOS, P. M. Paraná flood basalts: Rapid extrusion hypothesis confirmed by new 40Ar/39Ar results. **Geology**, v. 38, n. 8, p. 747–750, 2010. Disponível em: <http://geology.gsapubs.org/cgi/doi/10.1130/G30919.1>.