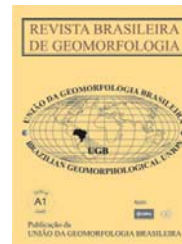




www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 16, nº 3 (2015)



SEDIMENTAÇÃO FLUVIAL QUATERNÁRIA NO VALE DO ALTO CURSO DO RIO MACAÉ, ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL

FLUVIAL QUATERNARY SEDIMENTATION IN HIGH VALLEY OF MACAÉ RIVER, STATE OF RIO DE JANEIRO, BRAZIL

Mônica dos Santos Marçal

*Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, CEP 21.941-909, Brasil
Email: monicamarcal@ufrj.br*

Renato Rodriguez Cabral Ramos

*Departamento de Geologia e Paleontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Quinta da Boa Vista, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, CEP 20940-040, Brasil
Email: rramos@mn.ufrj.br*

Juliana Cabral Sessa

*Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, CEP 21.941-909, Brasil
Email: jusessaufrij@gmail.com*

Paulo Vinicius Rufino Fevrier

*Gerência de Geoprocessamento e Estudos Ambientais, Instituto Estadual Ambiental
Sacadura Cabral, numero 113, 5 andar, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, CEP:20221-903, Brasil
Email: paulofevrier@gmail.com*

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
19/06/2015
Data de Aprovação:
16/07/2015

Palavras-chave:

Terraços Fluviais; Datação
LOE; Rio Macaé.

Keywords:

Fluvial Terraces; Dating LOE;
Macaé River.

Resumo:

O trabalho foi desenvolvido no vale do alto curso do rio Macaé, norte do estado do Rio de Janeiro, e tem como objetivo apresentar as análises geomorfológicas e estratigráficas, além das idades obtidas com o método da luminescência (LOE), realizadas em feições sedimentares de terraços fluviais. Foram selecionadas duas áreas de sedimentação denominadas AS-1 (mais a montante) e AS-2 (mais a jusante). As feições ocorrem em quatro níveis, sendo três níveis de terraços fluviais denominados Nível Superior (T1), Nível Intermediário (T2) e Nível Inferior (T3), e um Nível de Planície de Inundação atual (PI). Estão distribuídos de forma descontínua, predominantemente na margem esquerda do rio Macaé, sendo que a planície de inundação (PI) ocorre em níveis diferentes em cada margem do rio. Os resultados obtidos das datações por LOE para os sedimentos dos três níveis de terraços (T1, T2 e T3) apresentam boa correspondência às evidências geomorfológicas e estratigráficas utilizadas na definição dos níveis deposicionais aluviais.

Abstract:

The work was developed in the upper course of Macaé River, north of Rio de Janeiro state, and aims to present geomorphological and stratigraphic analysis, in addition to ages obtained with the luminescence method (LOE), conducted in sedimentary structures of fluvial terraces. Two areas of sedimentation named AS-1, located further upstream of the river and AS-2 further downstream were selected. The features occur on four levels, three levels of fluvial terrace called Higher Level (T1), Intermediate (T2) and Lower Level (T3), and Level of Flood Plain current (PI). These are distributed discontinuously, predominantly on the left bank of Macaé River, and the flood plain (PI) occurs at different levels in each bank of the river. The results of datings through LOE for the sediments of the three levels terraces (T1, T2 and T3) show good correspondence to the geomorphic and stratigraphic evidence used in the definition of alluvial depositional levels.

1. Introdução

A sedimentação quaternária em distintos níveis topográficos ao longo e através dos vales fluviais, formando terraços fluviais, fornece elementos importantes para a reconstrução paleoambiental em bacias hidrográficas através de registros sobre mudanças nas taxas de erosão e de sedimentação, sejam elas causadas pelas oscilações climáticas, variações no nível do mar ou tectonismo (SUGUIO & BIGARELLA, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1981; SUMMERFIELD, 1991; SCHUMM, 2005).

Os terraços fluviais representam áreas de sedimentação de antigas planícies de inundações abandonadas situadas acima do curso do rio atual, que não tem mais capacidade para recobri-los em épocas de cheia (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Nos ambientes tropicais úmidos da região Sudeste do Brasil, a sedimentação quaternária tem sido foco de importantes estudos desenvolvidos tanto em ambientes costeiros como continentais. Martin *et al.* (1997) caracterizaram de forma detalhada as unidades de sedimentação marinha e continental das planícies litorâneas dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, entretanto, quanto aos depósitos continentais holocênicos encontrados nos vales acima do limite atingido pela penúltima transgressão (123.000 AP), esses são normalmente classificados como indiferenciados. Já nas áreas continentais mais interiores, como o médio vale do rio Paraíba do Sul, vários estudos com enfoques geomorfológico, sedimentológico e estratigráfico estabeleceram um arcabouço metodológico de análise e classificação do registro sedimentar quaternário fundamentado nos conceitos de morfoestratigrafia e aloestratigrafia (MOURA e MEIS, 1986; MOURA e

MELLO, 1992; MELLO *et al.*, 1995).

O estado do Rio de Janeiro apresenta seu relevo marcado por forte condicionamento geológico-estrutural, fortemente vinculado a eventos tectônicos pré-cambrianos e, posteriormente, a eventos mesozoicos e cenozoicos. Neste contexto, estudos sobre a sedimentação quaternária nos ambientes fluviais tornam-se importantes na reconstrução de processos deposicionais mais recentes, bem como nas análises voltadas à identificação de eventos neotectônicos.

Inserida no contexto da vertente sul da Serra do Mar, a bacia do rio Macaé está localizada no setor centro-leste do estado do Rio de Janeiro e drena área de aproximadamente 1.800 km² (Figura 1). O rio nasce a uma altitude aproximada de 1.600 m e percorre cerca de 140 km até desaguar no Oceano Atlântico, tendo na sua desembocadura a cidade de Macaé, considerada um dos principais polos agroindustriais da região e sede das atividades petrolíferas desenvolvidas na Bacia de Campos. Os municípios que fazem parte da área drenada pela bacia são: Macaé (1.448 km²); Nova Friburgo (142 km²), onde estão localizadas as nascentes; Casimiro de Abreu (83 km²); Conceição de Macabu (70 km²); Rio das Ostras (11 km²) e Carapebus (11 km²).

Ressalta-se que a rede hidrográfica da bacia possui importância estratégica na região em função de atender diversos interesses relacionados ao crescente abastecimento urbano de água e irrigação, além de grandes empresas como a Petrobras e duas usinas termoelétricas recém-instaladas na região e, certamente, deverá atender à demanda crescente desses setores em franco desenvolvimento.

Este trabalho apresenta as análises geomorfológicas e estratigráficas, além das idades obtidas com o

método da Luminescência Opticamente Estimada (LOE) realizadas em amostras de sedimentos de terraços fluviais, localizadas no vale do alto curso do rio Macaé.

A pesquisa visa compreender o ambiente fluvial a partir da sua dinâmica erosiva e deposicional e contribuir para o conhecimento da evolução da sedimentação quaternária do sudeste brasileiro.

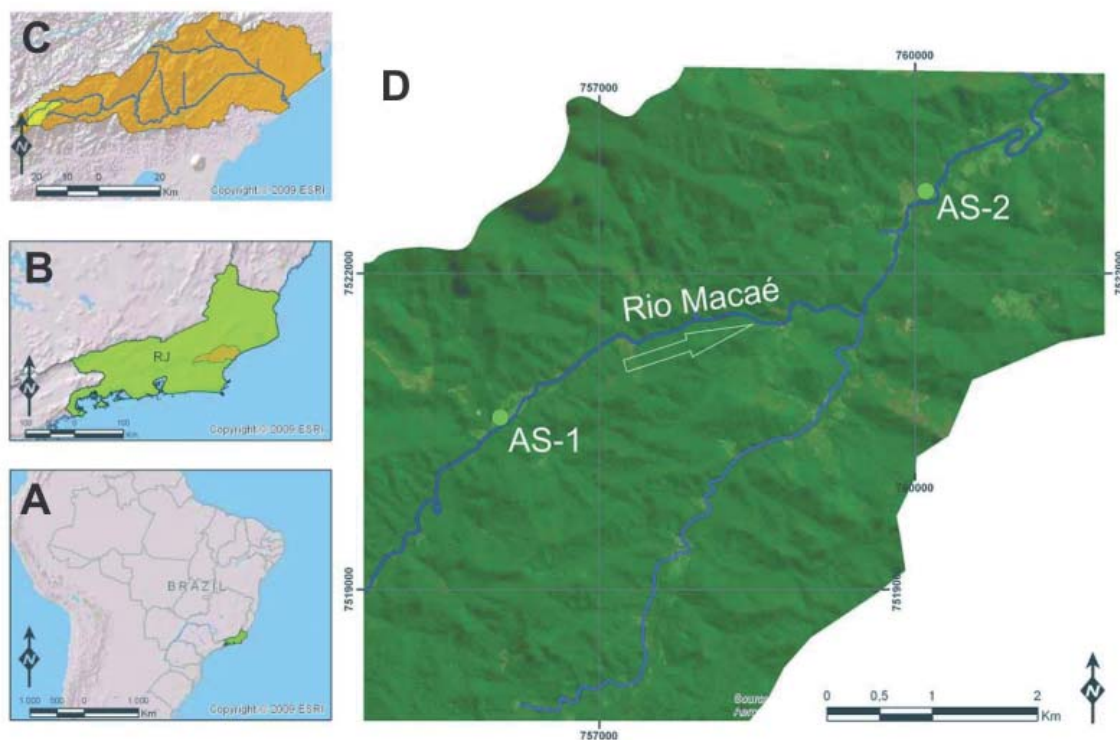


Figura 1 - (A) Localização do estado do Rio de Janeiro, (B) Localização da bacia do rio Macaé no estado do Rio de Janeiro, (C) Localização da área de estudo na bacia do rio Macaé, (D) Localização das áreas-amostra na área de estudo, AS-1 e AS-2, áreas de sedimentação um e dois, respectivamente.

2. Contexto Geológico e Geomorfológico

2.1 Contexto Regional

O estado do Rio de Janeiro, em sua maior parte, está inserido no denominado Cinturão Móvel Ribeira ou Faixa Ribeira, unidade geotectônica caracterizada por rochas proterozoicas deformadas e metamorfizadas durante a orogênese Brasiliana (720-590 Ma). Originada a partir de um ambiente de arco magmático, é caracterizada principalmente por rochas metamórficas para-derivadas, fortemente orientadas segundo *trend* estrutural NNE-SSW e NE-SW, intrudidas por rochas ígneas intrusivas neoproterozoicas e eopaleozoicas, e estruturada por grandes falhamentos regionais. A Faixa Ribeira sustenta, em grande parte, uma das principais feições de relevo do estado do Rio de Janeiro: a Serra do Mar (HEILBRON *et al.*, 2004).

Asmus & Ferrari (1978) propuseram um modelo

de evolução da margem continental do Sudeste do Brasil associado à geração de uma estrutura dômica durante a fase preliminar da abertura do Oceano Atlântico (estágio pré-*rift*), entre o Permiano e o Triássico. Os processos de afinamento da crosta relacionados à distensão e o concomitante acúmulo de sedimentos durante a evolução da margem continental, teriam determinado um pronunciado desequilíbrio isostático entre as áreas continentais e oceânicas. Como resultado dos continuados e opostos movimentos verticais da crosta (de soerguimento e subsidência), foram gerados falhamentos normais, principalmente ao longo de direções de foliação e de falhamentos de idade brasiliana. Estes movimentos epirogenéticos deram origem a blocos crustais basculados, cujo arranjo se configurou à maneira de cristas (as atuais serras do Mar e da Mantiqueira, bem como o Maciço Carioca) e depressões intermediárias (os atuais grábens do Paraíba do Sul e da Baixada Fluminense).

A Serra do Mar, segundo Almeida (1967, 1976), teria sido soerguida mais intensamente entre o Cretáceo Superior e o Paleoceno. Estes processos de ascensão, além de terem formado as serras do Mar e da Mantiqueira, produziram um volume importante de sedimentos detríticos que foram distribuídos para as bacias do Paraná, de Santos e Campos, além de terem sido acompanhados de manifestações de vulcanismo básico e alcalino.

Almeida & Carneiro (1998) relacionaram o evento distensivo iniciado no Paleógeno à deformação através de flexuras e falhas da superfície do grande planalto mesozoico – denominada de Superfície Japi (ALMEIDA, 1964) – produzindo a instalação das bacias tafrogênicas do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 2004) e das serras da Mantiqueira e do Mar. Segundo os mesmos autores, a Serra do Mar teria sido originada por movimentação normal ao longo da Falha de Santos, com abatimento do bloco situado a leste.

2.2 A Bacia do Rio Macaé

De acordo com Almeida (2012) e Tupinambá (2009) predominam no alto e médio cursos da bacia do rio Macaé granada-biotita (sillimanita) gnaisses com ocorrência generalizada de bolsões e veios de leucossomas graníticos derivados de fusão parcial *in situ*, pertencentes à Unidade São Fidélis do Complexo Paraíba do Sul. No médio curso da bacia ocorre o Granito Sana, cujos afloramentos estão associados às maiores declividades no relevo.

Próximo à foz do rio Macaé há a ocorrência de depósitos da Formação Barreiras, de idade neogênica, compostos por arenitos arcoseanos, cascalhos e lamitos associados a leques aluviais e rios do tipo entrelaçado. Estes depósitos apresentam-se afetados por tectonismo sin e pós-deposicional, observado através do desnivelamento de crostas ferruginosas, deslocamento de camadas e presença de falhas normais de direção NE-SW a NW-SE (MORAIS, 2007).

Os depósitos quaternários ocupam grande parte do baixo curso do rio Macaé, preenchendo principalmente os fundos de vale, associados às extensas planícies de inundação desta drenagem e níveis de terraços fluviais. Podem ser subdivididos em depósitos colúvio-aluvionares formados por cascalho, areia e lamas resultantes da ação de processos de fluxos gravitacionais e aluviais de

transporte de material de alteração das vertentes; e depósitos flúvio-lagunares relacionados a episódios distintos de progradação fluvial sobre um ambiente transicional/marinho raso, possivelmente em função de variações climáticas e/ou glácio-eustáticas (MORAIS, 2007).

3. Metodologia

A identificação e caracterização dos terraços fluviais foram realizadas com base na interpretação de fotografias aéreas ortorretificadas na escala 1:10.000 do ano 2000 disponibilizadas pelo INEA (Instituto Estadual do Ambiente), e na escala 1:25.000 do ano de 2005 disponibilizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). As imagens de satélite são provenientes do aplicativo *Google Earth 6*. O tratamento das imagens foi realizado no SIG *ArcGIS 10* e os perfis estratigráficos esquemáticos foram elaborados no *CorelDraw X6*. Foram realizados trabalhos de campo, tendo sido localizadas cinco áreas de interesse no alto vale do rio Macaé. Destas, foram selecionadas com base na expressividade dos depósitos sedimentares e nos desníveis em relação ao rio atual, duas áreas para um estudo mais detalhado.

As áreas estudadas estão localizadas na região do alto curso do rio Macaé, em Macaé de Cima, município de Nova Friburgo e foram denominadas de AS-1 e AS-2. A primeira (AS-1) está localizada nas terras do “Sítio Frise”, a 956 m de altitude, com coordenadas de: Lat: 22°24’04.8”S e Lon: 42°30’45.9”W (Datum WGS 84). Nesta área foram elaborados três perfis estratigráficos verticais esquemáticos em depósitos de terraços fluviais. A segunda área analisada (AS-2) está localizada na região do “Sítio Vale da Lua”, aproximadamente 4 km no sentido jusante, a 902 m de altitude, com coordenadas de: Lat: 22°22’52.8”S e Log: 42°28’26.1”W (Datum WGS 84). Nesta, foram elaborados seis perfis estratigráficos verticais em escala de 1:20 e uma seção estratigráfica panorâmica.

A descrição granulométrica dos perfis foi baseada na classificação de Wentworth (1922), atualizada por Blair & McPherson (1999) para as partículas acima de areia. Nesta última, as partículas da fração rudácea foram assim definidas nos perfis: grânulo (G) - 2-4 mm; seixo fino (SF) - 4-8 mm; seixo médio (SM) - 8 mm-1,6 cm; seixo grosso (SG) - 1,6-3,2 cm; seixo muito grosso (SMG) - 3,2-6,4 cm; calhau fino (CF) - 6,4-12,8 cm; calhau grosso (CG) - 12,8-25,6 cm; matacão fino (MF)

- 25,6-51,2 cm. Em um dos depósitos de terraço fluvial da AS-2 foi realizada uma caracterização litofaciológica baseada em Miall (2006).

As cotas topográficas dos terraços em relação ao rio atual foram determinadas através de DGPS *Garmin Promark 500*, com pós-processamento no programa *GNSS Solutions* e correção altimétrica no *Mapgeo*.

A caracterização da simetria do vale do rio Macaé foi realizada a partir do índice do Fator de Simetria Topográfica Transversa (FSTT) proposto por Cox (1994). Este é obtido a partir da relação entre a distância do divisor de água de uma bacia ao seu eixo central, e a distância entre este eixo central e o canal principal. De acordo com o autor, este índice pode variar de 0 (zero) a 1 (um), sendo que os valores mais próximos de 0 (zero) são demonstrativos de uma bacia simétrica, enquanto que os valores mais próximos de 1 (um) indicam uma assimetria da mesma.

Para a datação dos sedimentos arenosos, foi coletado um total de 11 amostras nas duas áreas de sedimentação, localizadas nos diferentes níveis de terraços descritos (Tabela 1). As amostras foram coletadas ao abrigo da luz através da cravação de tubos de PVC (5 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento) em cortes de estrada e em exposições naturais. As amostras foram enviadas para o laboratório *Datação, Comércio e Prestação de Serviços Ltda.* (CNPJ: 05.403.307/0001-57), em São Paulo, onde foram preparadas e analisadas pelo método SAR (Protocolo de Regeneração com uma Alíquota Única - que data para uma mesma amostra em torno de 20 a 50 alíquotas, podendo-se construir um histograma com a flutuação das idades encontradas através destas alíquotas) para a extração de sua idade absoluta via LOE. A metodologia utilizada pelo laboratório é descrita em DATAÇÃO (2013).

Tabela 1: Informações sobre as amostras coletadas para datação.

	Amostra	Coordenadas	Elevação (metros)	Desnível do topo para o rio atual (metros)	Profundidade da coleta da amostra (metros)
Área de Sedimentação 1 (AS 1)	PC 1	LAT: 22°24'04.8"S LON: 42°30'45.9"W	987	14,02	1,8
	PC 2	LAT: 22°24'07.8"S LON: 42°30'47.5"W	987	8,38	1,4
	PC 3	LAT: 22°23'55.8"S LON: 42°30'33.2"W	987	14,21	1
	PC 7	LAT: 22°24'00.0"S LON: 42°30'49.5"W	987	6,19	1,31
	PC 11	LAT: 22°24'04.8"S LON: 42°30'45.9"W	987	14,02	2,75
Área de Sedimentação 2 (AS 2)	PC 4	LAT: 22°22'52.8"S LON: 42°28'26.1"W	912	14,57	3,5
	PC 5	LAT: 22°22'53.3"S LON: 42°28'24.8"W	912	10,38	2
	PC 8	LAT: 22°22'52.8"S LON: 42°28'26.1"W	912	14,57	1,8
	PC 9	LAT: 22°22'52.8"S LON: 42°28'26.1"W	912	14,57	3
	PC13	LAT: 22°22'53.3"S LON: 42°28'24.8"W	912	10,38	2,15
	PC14	LAT: 22° 22' 56.8" S LON: 42° 28' 23.9"W	880	3,2	2

4. Resultados e Discussões

4.1 Simetria e Características do Vale do Rio Macaé

A aplicação do índice do FSTT (COX, 1994) em bacias hidrográficas, fornece informações sobre a simetria da rede de drenagem e é baseado no fato de que a migração preferencial do canal caracteriza uma assimetria do perfil topográfico transversal ao canal. Dessa forma, os valores alcançados podem fornecer, de

forma quantitativa, o grau de simetria do vale fluvial e seu comportamento em toda a sua extensão.

Os valores alcançados para o rio Macaé indicam tratar-se de uma bacia com forte assimetria de drenagem, onde os afluentes da margem esquerda ocorrem muito maiores que os da margem direita (Figura 2 C). No alto curso do rio, o maior valor encontrado pelo FSTT foi 0,45 (valor médio de assimetria). Nestas áreas, embora as altitudes sejam mais elevadas, as declividades

das vertentes são menos acentuadas se comparadas ao médio curso (Figura 2 B). Os vales são confinados com a ocorrência de feições deposicionais fluviais compondo áreas em formas de alvéolos pouco alongados e estreitos. Tem-se a ocorrência de planícies de inundação pouco desenvolvidas em ambas as margens, além de terraços fluviais amplos e assimétricos localizados, na maioria das vezes, na margem esquerda do canal.

A assimetria torna-se mais acentuada a partir da porção central da bacia, ou seja, na passagem do alto para o médio curso, e o maior índice de assimetria alcança valor de 0,87. Nesta área central da bacia as declividades das vertentes são normalmente mais elevadas (Figura 2 B) e correspondem ao Granito Sana, entremeadado às rochas do Complexo Paraíba do Sul (Figura 2 A e B). O rio Macaé possui forte curvatura

anômala (cotovelo de drenagem) e muda sua orientação principal leste-oeste para norte-sul, chegando quase a atingir o divisor sul. Quando a calha fluvial está próxima da passagem para o baixo curso, esta retorna novamente a sua orientação principal, porém, com seu eixo deslocado para o sul.

No baixo curso, o maior valor encontrado pelo FSTT foi de 0,49, mostrando, assim como no alto curso, uma simetria maior em relação ao médio curso da bacia (Figura 2 C). Nestas áreas as planícies fluviais são amplas e entremeadas a morros e colinas dissecadas, onde vários canais do rio Macaé foram modificados através de obras de retificação realizadas pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), entre as décadas de 1960 a 1980 (MARÇAL *et al.*, 2009).

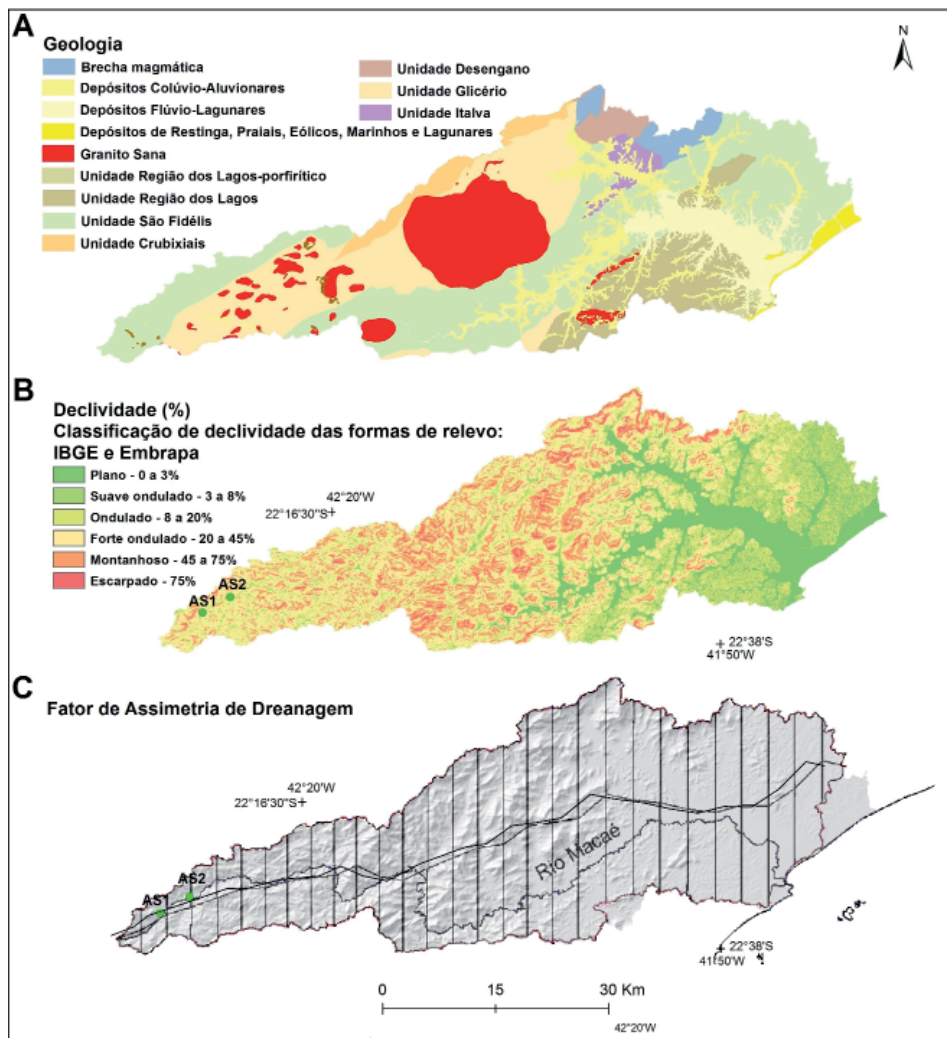


Figura 2 - Bacia do rio Macaé com a localização das áreas analisadas. (A) Mapa Geológico (TUPINAMBÁ, 2009; ALMEIDA, 2012), (B) Mapa de Declividade e (C) Fator de Simetria Topográfica Transversa (FSTT) que quantifica o deslocamento de um rio considerando a topografia gerada por causas tectônicas.

4.2 Níveis de Terraços e Depósitos Fluviais

Para a caracterização dos níveis deposicionais foram selecionadas duas áreas de sedimentação no alto curso do rio Macaé, denominadas de AS-1, mais a montante e AS-2 mais a jusante (Figuras 3). Nestas áreas, as formas de deposição aluvial ocorrem de forma irregular e em quatro diferentes níveis. Na área AS-1 ocorrem três níveis de sedimentação fluvial sendo dois níveis de terraço fluvial, denominados Terraço Superior (Tsup) e Terraço Inferior (Tinf), e um nível de Planície

de Inundação atual (PI). Na segunda área de sedimentação (AS-2), mais a jusante, ocorrem os quatro níveis de sedimentação fluvial, sendo três níveis de terraço fluvial, denominados de Terraço Superior (Tsup), Terraço Intermediário (Tint) e Terraço Inferior (Tinf), e um nível de Planície de Inundação atual (PI).

Nas duas áreas de sedimentação os níveis de terraço fluvial ocorrem de forma descontínua, predominantemente na margem esquerda do rio Macaé e a planície de inundação ocorre em níveis diferentes em ambas as margens.

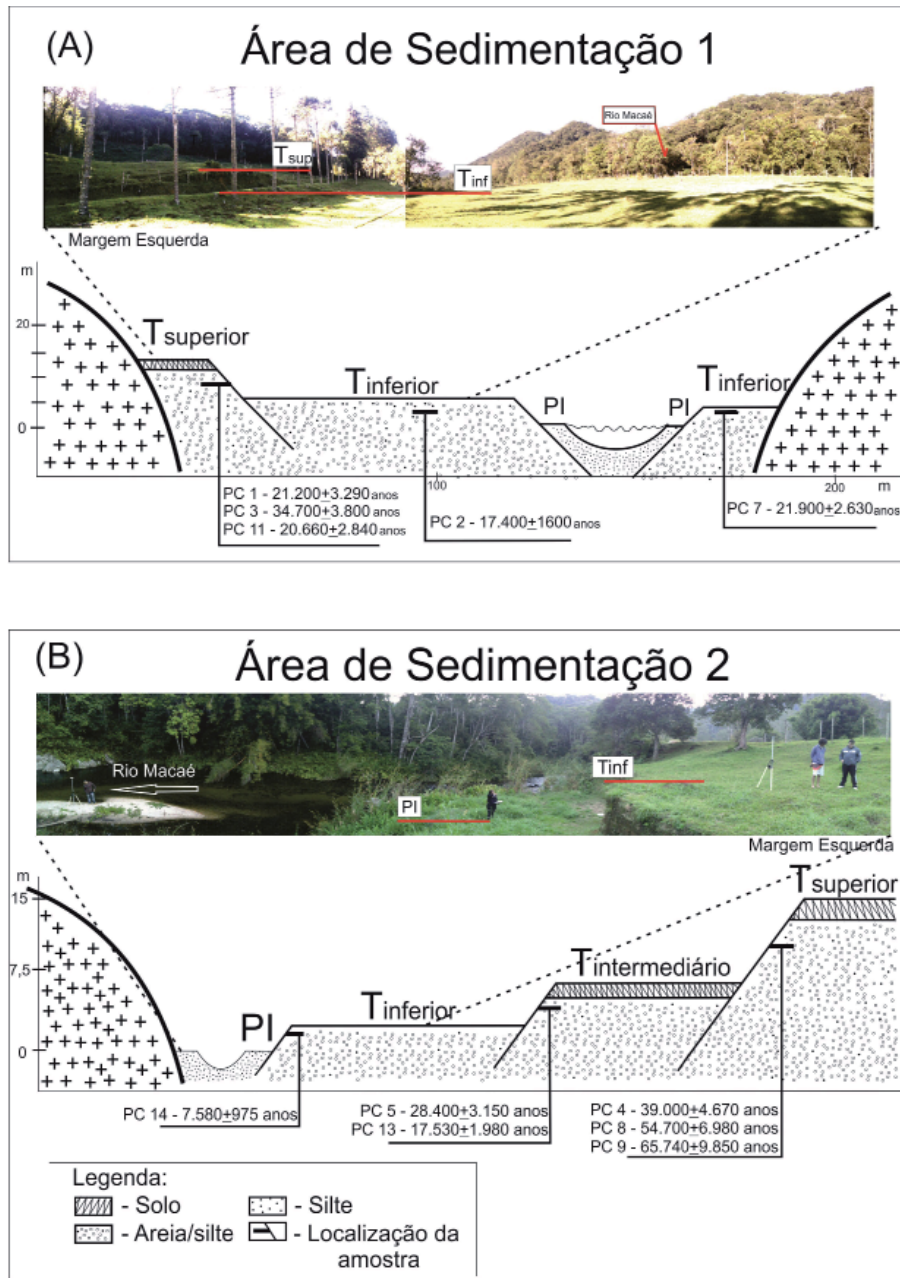


Figura 3 – Disposição esquemática dos níveis deposicionais no vale do alto curso do rio Macaé mostrando a localização e idades das amostras coletadas. (A) corresponde à Área de Sedimentação 1 (AS-1). (B) Área de Sedimentação 2 (AS-2).

Área de sedimentação mais a montante (AS-1)

Esta área corresponde a uma ampla abertura de vale onde os afloramentos estão localizados em corte de estrada de acesso principal às propriedades na região e no interior de propriedades particulares, na localidade de Macaé de Cima, a uma altitude de 987 m.

O primeiro afloramento do Terraço Superior

(Tsup) encontra-se em um corte de estrada no interior do “Sítio Frise” a uma distância aproximada de 90 m da calha atual, com desnível de 14,02 m entre o topo do depósito e o canal do rio Macaé. É caracterizado como um terraço aluvial não emparelhado e irregular, com topo ondulado, baixa declividade e leve inclinação em direção ao interior do vale (Figura 4).

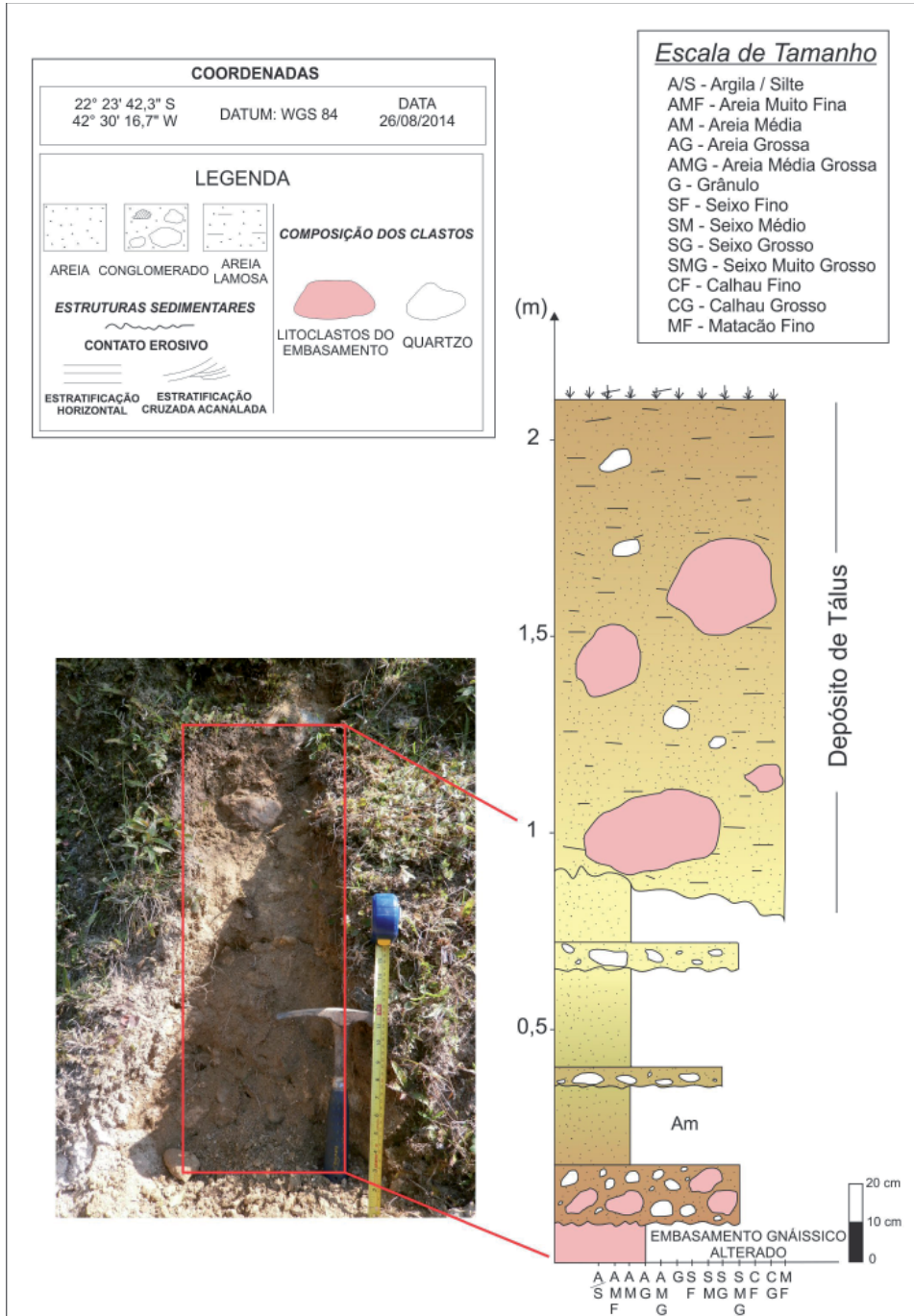


Figura 4 – Perfil estratigráfico esquemático do nível de Terraço Superior (Tsup) da área de sedimentação AS-1, localizado no “Sítio Frise”, em Macaé de Cima (coordenadas Lat: 22°24’04.8”S e Lon: 42°30’45.9”W - Datum WGS 84).

A sucessão sedimentar fluvial aflorante possui espessura inferior a 1 m e jaz diretamente sobre embasamento gnáissico alterado. Caracteriza-se por três ciclos granodecrescentes com espessura média de 30 cm, tendo na base cascalhos com seixos e calhaus finos de quartzo, subarredondados a subangulosos, e de gnaisses, subangulosos, com matriz de areia feldspática grossa/muito grossa, moderadamente selecionada. As camadas rudíticas são sobrepostas por camadas de areia grossa, moderada a pobremente selecionada, sem estrutura observável. Esta sucessão fluvial é recoberta por 1,20 m de depósito de tálus, composto por areia argilosa contendo seixos até matações de gnaisses dispersos.

O segundo afloramento do Terraço Superior (Tsup) encontra-se em um corte de estrada de acesso principal às propriedades, próximo ao “Sítio Frise” a uma distância aproximada de 70 m da calha atual, com desnível de 14,21 m entre o topo do depósito e o canal atual. É caracterizado como um terraço aluvial não emparelha-

do, com topo ondulado, baixa declividade e levemente inclinado em direção ao interior do vale, distribuindo-se de maneira irregular na margem esquerda do rio Macaé.

Foi elaborado um perfil estratigráfico esquemático (Figura 5) onde se registrou uma sucessão de camadas conglomeráticas com espessuras entre 20 e 40 cm, cujo arcabouço é formado por seixos até matações finos arredondados a subarredondados de quartzo e de gnaisses, com matriz arenosa média a muito grossa contendo grânulos e seixos finos, moderadamente selecionada e inconsolidada.

A despeito dos processos pedogenéticos e intempéricos terem aparentemente obliterado eventuais estruturas sedimentares primárias e aspectos texturais, predominam neste depósito camadas de cascalhos grossos sem estrutura observável, produzidos por sucessivos fluxos trativos de elevada energia hidrodinâmica, característicos de enxurradas em vales estreitos com elevada declividade.

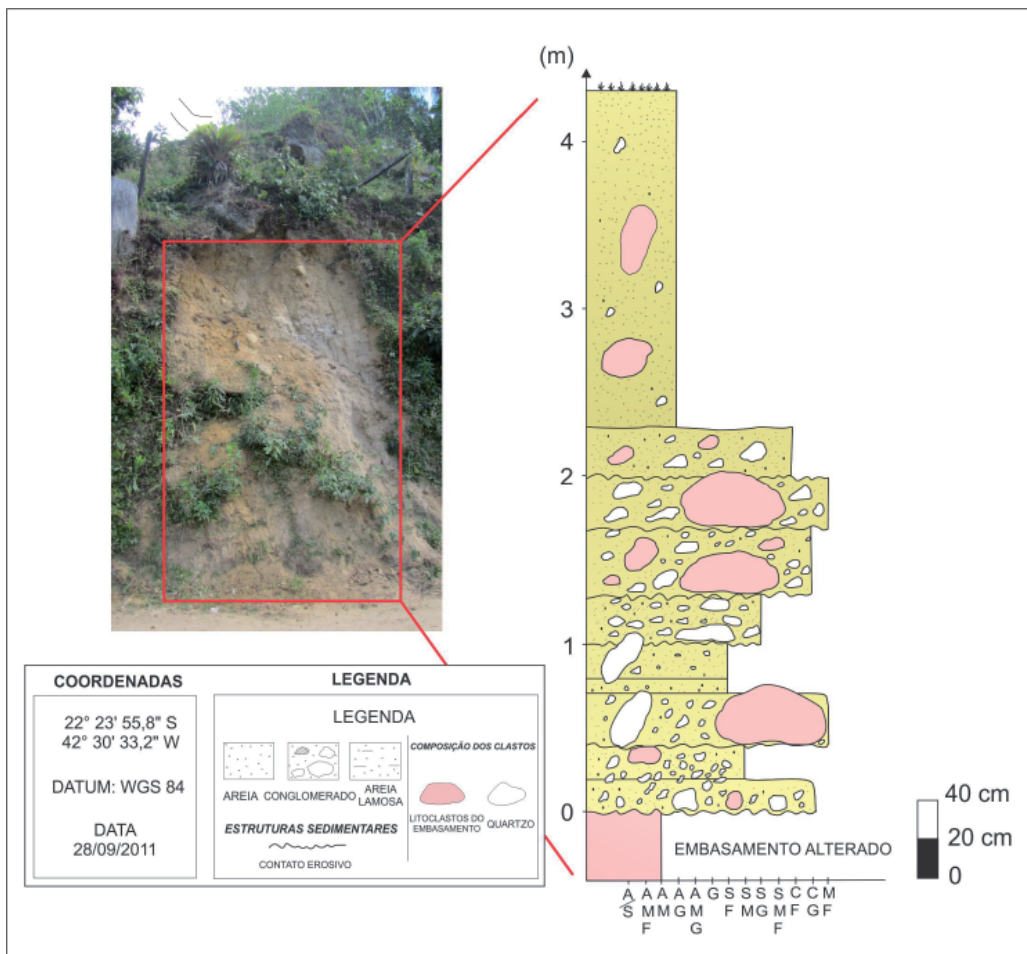


Figura 5 – Perfil estratigráfico esquemático do nível de Terraço Superior (Tsup) da área de sedimentação AS-1, localizado em corte de estrada próximo ao “Sítio Frise”, Macaé de Cima (coordenadas Lat: 22°23'55.8”S e Lon: 42°30'33.2”W - Datum WGS 84).

O afloramento correspondente ao Terraço Inferior (Tinf) localiza-se cerca de 100 m a montante daquele representado na Figura 4, na margem direita do rio Macaé. Constitui um corte na estrada principal, próximo ao “Sítio Frise”, a uma distância aproximada de 8 m da calha atual, cujo topo apresenta desnível de 4,20 m em relação ao leito do rio Macaé. É caracterizado como um terraço aluvial não emparelhado e irregular, em ambas as margens do rio Macaé, predominantemente na margem esquerda, com topo ondulado, baixa declividade e levemente inclinado em direção ao interior do vale.

Foi relacionado a um depósito fluvial caracterizado por uma sucessão de areias finas a médias inconsolidadas sem estrutura observável, provavelmente associado a modificações pós-depositivas (bioturbação) (Figura 6).

A planície de inundação atual do rio Macaé ocorre em ambas as margens do rio onde sua dinâmica atual vem permitindo o desenvolvimento de pequenas e estreitas planícies de inundação que se apresentam de forma descontínua e fragmentada, desenvolvendo-se onde a sinuosidade do canal é maior.

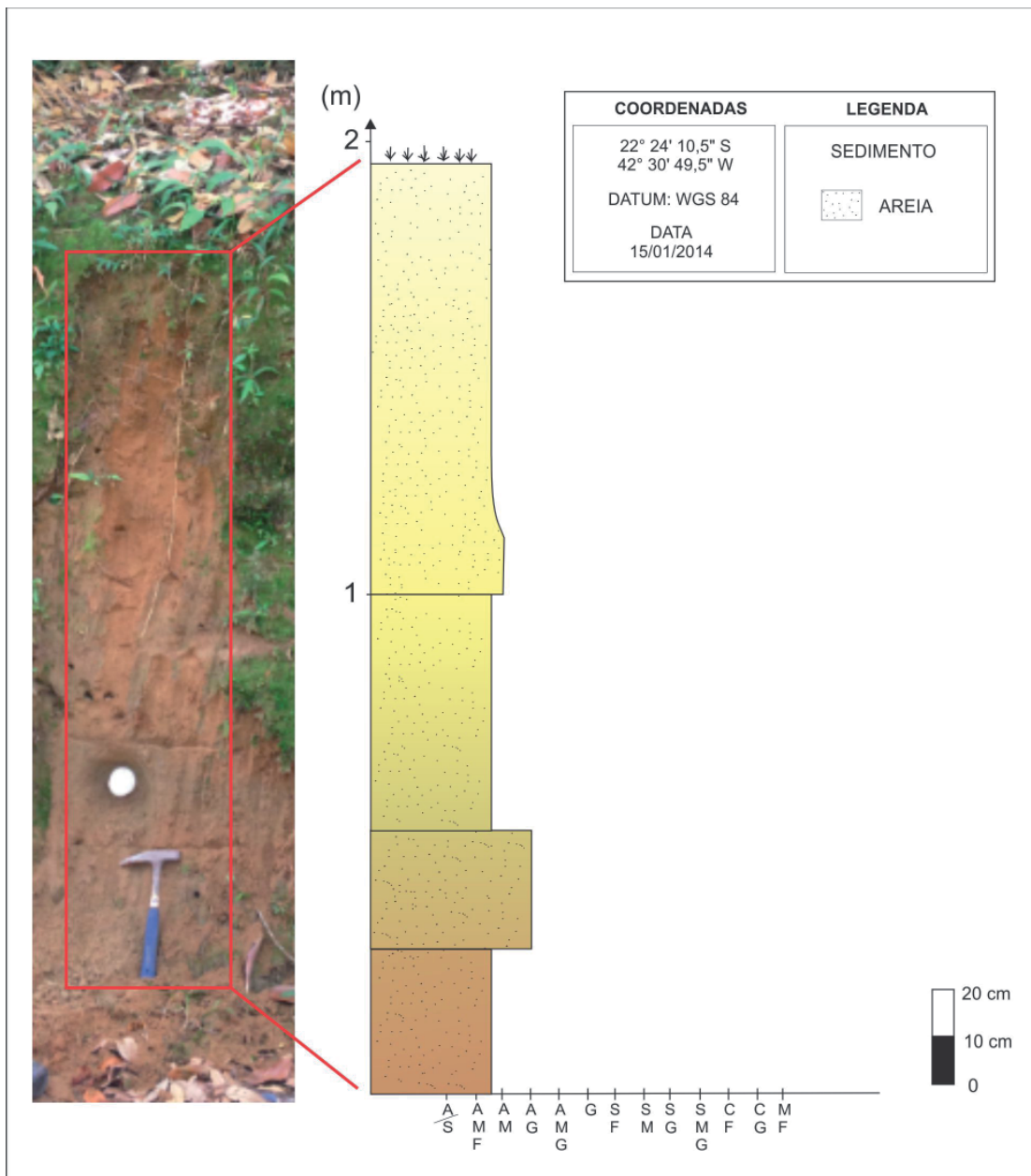


Figura 6 – Perfil estratigráfico esquemático do nível de Terraço Intermediário (Tinf) da área de sedimentação AS-1, Macaé de Cima (coordenadas Lat: 22°24'00.0"S e Lon: 42°30'49.5"W - Datum WGS 84).

Área de sedimentação mais a jusante (AS-2)

Esta área corresponde a uma abertura de vale onde os afloramentos estão localizados em corte de estrada de acesso principal às propriedades na região e no interior de propriedades particulares, na localidade de Macaé de Cima a uma altitude de 912 m.

O primeiro afloramento do nível de Terraço Superior (Tsup) encontra-se em um corte de estrada de acesso principal, e em área pertencente ao “Sítio Vale da Lua”

a uma distância aproximada de 120 m do leito atual de drenagem, com desnível de 14,57 m entre o topo do depósito e o canal do rio Macaé. É caracterizado como um terraço aluvial não emparelhado e irregular, com topo ondulado, baixa declividade e leve inclinação em direção ao interior do vale.

Foi elaborado um painel arquitetural do afloramento e dois perfis colunares detalhados (Figura 7), tendo sido identificadas cinco litofácies, sendo duas rudáceas e três arenosas:

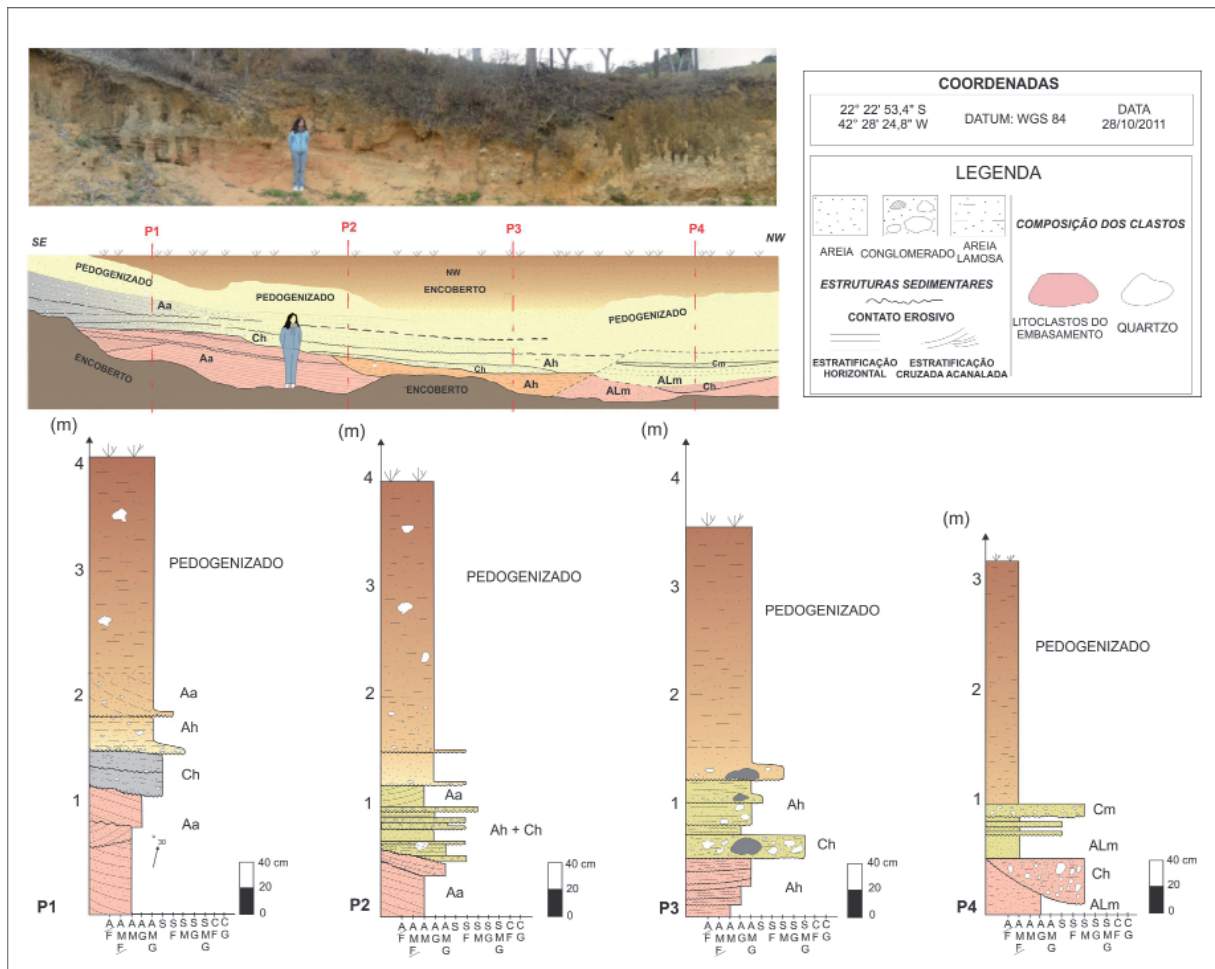


Figura 7 – Painel arquitetural e perfis colunares do nível de Terraço Superior (Tsup) da área de sedimentação AS-2, localizado em corte de estrada nas terras do “Sítio Vale da Lua”, Macaé de Cima (coordenadas Lat: 22°22’52.8”S e Lon: 42°28’26.1”W - Datum WGS 84).

Litofácies Ch (cascalho com estratificação horizontal): ocorre em camadas lenticulares estendidas com espessura entre 20 a 40 cm constituídas por seixos grossos a muito grossos com matriz arenosa pobremente selecionada, bem como na forma de lentes de seixo fino a médio intercaladas com a litofácies Ah. Os seixos finos a médios são formados por quartzo e feldspato angulosos, enquanto que os seixos muito grossos são formados

por feldspato e litoclastos de gnaisses subangulosos a angulosos. Alguns desses litoclastos estão já bastante intemperizados.

Esta fácies é interpretada como resultante de fluxo unidirecional em regime de fluxo superior, sob a forma de lençóis de cascalho. De acordo com Miall (2006), esta fácies está associada a barras e formas de leito cascalhosos. São depositadas por variações rápidas

na descarga líquida e de sedimentos, depositadas por fluxos hidrodinâmicos trativos intensos.

Litofácies Cm (cascalho maciço): ocorre de forma escassa e é caracterizada por cascalhos maciços compostos por grânulos e seixos médios a grossos (1 a 2 cm), angulosos a subangulosos, moderadamente selecionados, de composição predominantemente quartzosa, ocorrendo de forma subordinada clastos de feldspato, com matriz de areia média a fina. Sugere-se para essa litofácies uma origem através de fluxos trativos de alta energia, através da superposição de lençóis de cascalho (fácies Ch), cuja estratificação foi posteriormente obliterada por eventos pós-deposicionais.

Litofácies Aa (areias com estratificação cruzada acanalada): constituem areias arcoseanas micáceas, médias a muito grossas, angulosas a subarredondadas, moderadamente a pobremente selecionadas, de coloração rósea-avermelhada e com estratificações cruzadas acanaladas de porte médio (Figura 8). Possui matriz de areia fina e presença de grânulos e seixos finos dispersos. Relaciona-se esta litofácies à migração de dunas de crista sinuosa em canal fluvial.

Litofácies Ah (areias com estratificação horizontal): a litofácies Ah é formada por areia grossa a muito grossa, subangulosa a subarredondada, moderadamente

selecionada, com grânulos a seixos muito grossos de quartzo e litoclastos de gnaiss intemperizados, apresentando estratificação horizontal. As camadas possuem espessuras variando de 10 a 20 cm e apresentam contato lateral gradacional com a fácies Ch. Esta fácies está associada à superposição de lençóis de areia com variações de energia do fluxo hidrodinâmico. Miall (2006) a interpreta como vinculada a condições de regime de fluxo superior, com velocidades da corrente em torno de 1m/s e profundidade do canal de 0,25 a 0,5 m.

Fácies ALm (areias lamosas maciças): foram reconhecidas duas variações dessa litofácies ALm, ambas com matriz lamosa, sendo a primeira (ALm1) constituída por arcabouço de areia micácea média a fina, e a segunda (ALm2) composta por areia micácea média a grossa com ocorrência de lentes de cascalho fino.

A litofácies ALm1 possui arcabouço de areia média a fina, subarredondada a subangulosa, bem selecionada, composta predominantemente por quartzo e mica (biotita e muscovita) e com matriz lamosa. De forma geral, as camadas possuem estrutura maciça ou laminação mal definida, apresentando bioturbações, com alguns depósitos já em estágio de pedogenização. A espessura das camadas varia em torno de 10 a 50 cm. Esta litofácies pode ser associada à fácies Fl de Miall (2006), que a



Figura 8 - Aspecto do afloramento da Figura 7, destacando as areias com estratificações cruzadas acanaladas (Aa), sotopostas a cascalhos com estratificação horizontal (Ch).

interpreta como depósitos de leques de arrombamento (*crevasse splay*). Este tipo de depósito, segundo o mesmo autor, caracteriza-se pela intercalação milimétrica a centimétrica de areias finas e lamias, porém, como este se encontra bastante bioturbado e pedogenizado, as estruturas sedimentares primárias podem ter sido obliteradas.

A litofácies ALm2 foi reconhecida no perfil mais a NW (Figura 7) e é formada por areia micácea média a grossa, subangulosa a subarredondada com matriz lamosa, apresentando delgadas lentes de cascalho fino formadas por grânulos. É interpretada como produzida por fluxos trativos unidirecionais através da superposição de lençóis de cascalho fino e areia, com modificações pós-deposicionais. Sugere-se uma associação com a litofácies Ch.

Este constitui o depósito de terraço fluvial mais notável do alto curso do rio Macaé, caracterizado pela intercalação de cascalhos e areias estratificados (fácies

Ch, Cm?, Aa, Ah, ALm2?) típica de canais fluviais, com litofácies produzida por fluxos de menor energia (ALm1), provavelmente em planícies de inundação restritas, sugerindo um sistema fluvial do tipo entrelaçado fluindo em uma planície fluvial bem mais ampla que a atual.

O afloramento correspondente ao nível de Terraço Intermediário (Tint) também ocorre em corte de estrada localizado na margem esquerda do rio Macaé, dentro da propriedade do “Sítio Vale da Lua” distante 80 m da calha atual, sendo que o topo do terraço apresenta desnível de 10,38 m em relação à calha atual. Caracteriza-se em sua metade inferior por uma sucessão estratodecrescente de cascalhos maciços, com arcabouço constituído por seixos e calhaus de quartzo arredondados a subarredondados, bem como calhaus e matações de gnaisse, imersos em matriz de areia feldspática com baixa maturidade textural e composicional. A metade superior do perfil caracteriza-se por um pacote de areia média seixosa sem estrutura observável, pedogenizado (Figura 9).

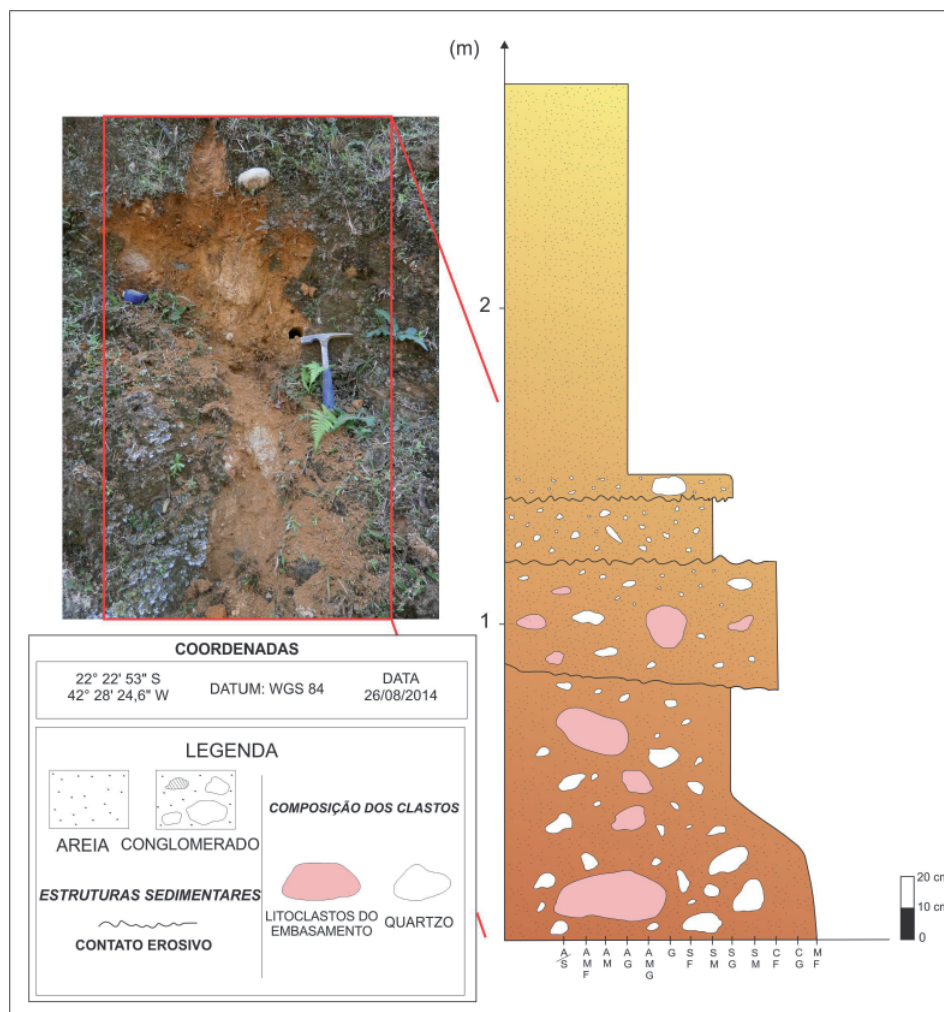


Figura 9 - Perfil estratigráfico esquemático do nível de Terraço Intermediário (Tint) da área de sedimentação AS-2, localizado no “Sítio Vale da Lua”, Macaé de Cima (coordenadas Lat: 22°22'53.3”S e Lon: 42°28'24.8”W - Datum WGS 84).

O afloramento correspondente ao Nível de Terraço Inferior (Tinf), também localizado dentro do “Sítio Vale da Lua”, é caracterizado como terraço aluvial não emparelhado, com desníveis em torno de 7 m entre o topo do depósito e o canal do rio Macaé, distribuído de forma descontínua ao longo de todo o trecho analisado. Foi registrado apenas um depósito fluvial relacionado a

este nível de sedimentação, situado na AS-2 (Figura 10).

O perfil caracteriza-se por uma sucessão de camadas de areias finas a médias inconsolidadas, sem qualquer estrutura observável, provavelmente decorrente de modificações pós-deposicionais por bioturbação através de raízes. O depósito representa uma sedimentação arenosa em planície de inundação.

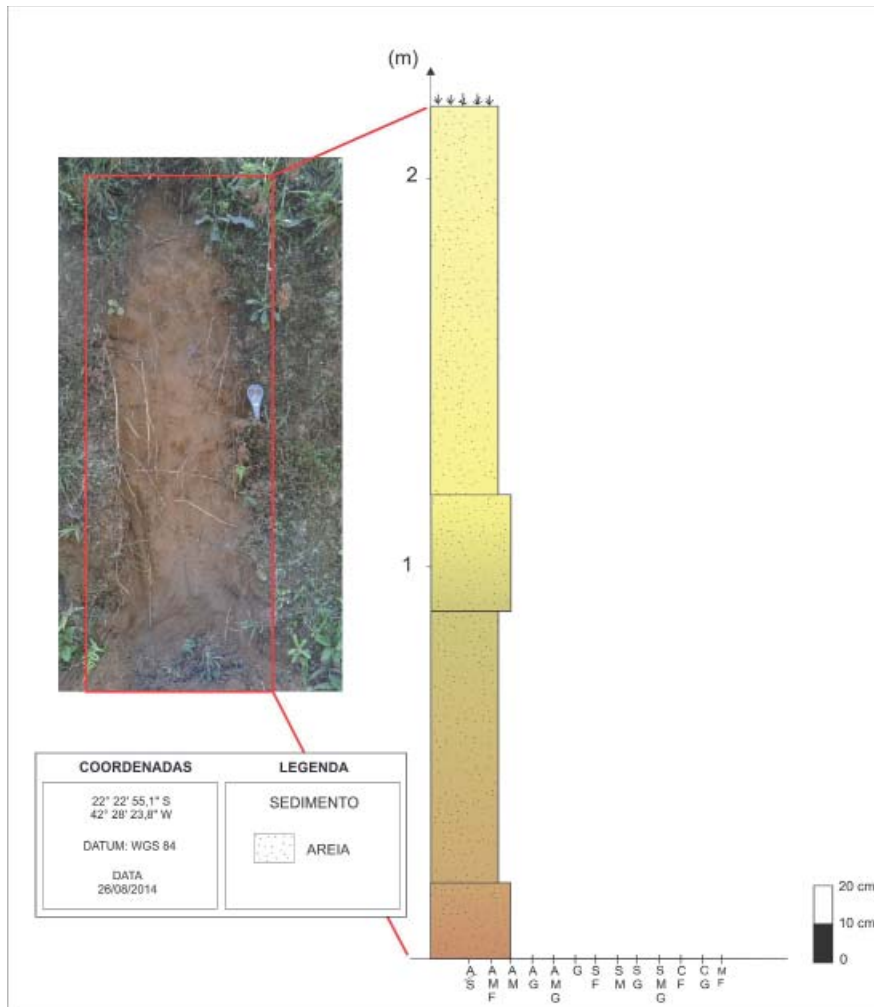


Figura 10 - Perfil estratigráfico esquemático do nível de Terraço Inferior (Tinf) da área de sedimentação AS-2, Macaé de Cima (coordenadas Lat: 22°22'55,21" S e Lon: 42°28'23,48" W - Datum WGS 84).

A dinâmica atual do rio Macaé vem desenvolvendo planícies de inundação pequenas e estreitas, que se apresentam de forma descontínua e fragmentada em ambas as suas margens.

4.3 Considerações Sobre a Idade dos Sedimentos

Os registros geocronológicos sobre a evolução dos depósitos quaternários no Brasil ainda são em número

restrito, muito em função da pouca disponibilidade de dados, sobretudo para o Pleistoceno. O método do radiocarbono tem sido bastante utilizado, no entanto, tem alcance restrito ao Pleistoceno Superior e ao Holoceno, sendo limitado aos sedimentos orgânicos.

Uma das alternativas à datação em depósitos quaternários que não apresentam níveis orgânicos podem ser as idades obtidas por luminescência opticamente estimulada (LOE). Este método pode alcançar pelo menos

um milhão de anos, o que permite obter informações relevantes na reconstrução de eventos e processos geológicos e/ou geomorfológicos em ambientes fluviais como os aqui estudados.

De acordo com Sallun *et al.* (2007), as idades dos sedimentos quaternários obtidas por LOE representam o tempo decorrido após a última exposição dos grãos à luz solar (desde que ela tenha sido suficiente para eliminação da luminescência adquirida previamente) e, portanto, é difícil saber se as idades correspondem à luminescência posterior à última deposição, exceto em amostras de depósitos com idades conhecidas por outros métodos de datação absoluta.

Nesse sentido, Silva (2011) destaca que a aplicação desse método em depósitos aluviais deve ser realizada com ressalvas devido à natureza dos depósitos (eventos deposicionais ou pós-deposicionais poderem ser alterados pelo intemperismo e ou bioturbação). Assim, para se obter boa confiabilidade na sua aplicação é necessário realizar análise estatística com maior número de alíquotas, diante da ampla variação de idades no conjunto de alíquotas analisadas para uma mesma amostra (SILVA, 2011). Assim, o tratamento de um número maior de alíquotas se torna recomendável em função de se obter uma análise estatística que permita interpretação mais precisa de possíveis eventos deposicionais ou pós-deposicionais que tenham influência na distribuição das idades. Com isso, optou-se na aplicação do método LOE nas amostras coletadas para a área de estudo devido à ausência de materiais orgânicos nos depósitos de sedimentos analisados e pela facilidade e custo baixo de suas análises.

Destaca-se que os resultados obtidos das datações pelo método LOE para os sedimentos arenosos dos níveis de terraços (**Tsup**, **Tint** e **Tinf**) nas duas áreas de sedimentação pesquisada apresentam boa correspondência às evidências geomorfológicas e estratigráficas utilizadas na definição dos níveis deposicionais aluviais.

A Tabela 2 apresenta as concentrações medidas dos isótopos radioativos utilizados para a dose anual ($_{232}\text{Th}$, $_{238}\text{U}$, $_{235}\text{U}$ e $_{40}\text{K}$) e a dose acumulada dos sedimentos de cada nível deposicional identificado para a área de sedimentação mais a montante (AS-1). As idades abrangeram um intervalo entre 17.500 e 35.000 anos, permitindo estabelecer dois cenários possíveis na distribuição dos dois níveis de terraços identificados (**Tsup** e **Tinf**) para esta área:

1) Pela margem esquerda do rio Macaé, o **Tsup** abrangeria intervalo entre 20.000 a 35.000 anos correspondendo às amostras com idades de PC1=21.200±3.290 anos (cinco alíquotas variando de 19.540±3.030 e 22.160±3.440 anos), PC3= 34.700±3.800 anos (cinco alíquotas variando de 31.000±3.360 e 39.000±4.230 anos) e PC11=20.660±2.840 anos (15 alíquotas variando de 18.120 ± 2.490 e 25.290±3.475). O **Tinf** apresenta idade em torno de 17.400 anos, referente à amostra PC2=17.400±1.600 anos (cinco alíquotas variando de 13.100±1.210 e 23.000±2.130 anos).

Pela margem direita do rio Macaé, o **Tinf** apresenta idade em torno de 21.900 anos, referente à amostra PC7=21.900±2.630 anos (15 alíquotas variando de 17.310±2.080 e 25.900±3.100 anos). Neste caso, poderia considerá-lo ou como um **Tsup** ou **Tinf**. A última opção parece ser mais adequada em função da equivalência altimétrica com o nível de terraço inferior pela margem esquerda do rio (desnível com intervalo de 6 a 8 metros).

2) Pela margem esquerda do rio Macaé, o **Tsup** teria a idade igual ou superior a 35.000 anos correspondente a amostra PC3= 34.700±3.800 anos (cinco alíquotas variando de 31.000±3.360 e 39.000±4.230 anos). O **Tinf** com idade correspondente a um intervalo de 17.000 a 35.000 anos, correspondendo às amostras PC1=21.200±3.290 anos (cinco alíquotas variando de 19.540±3.030 e 22.160±3.440 anos), PC3= 34.700±3.800 anos (cinco alíquotas variando de 31.000±3.360 e 39.000±4.230 anos) e PC11=20.660±2.840 anos (15 alíquotas variando de 18.120 ± 2.490 e 25.290±3.475).

Pela margem direita do rio Macaé, o terraço apresenta idade em torno de 21.900 anos, referente à amostra PC7=21.900±2.630 anos (15 alíquotas variando de 17.310±2.080 e 25.900±3.100 anos). Neste caso, corresponderia ao **Tinf**.

No primeiro cenário, o **Tsup** abrangeria intervalo entre 21.000 a 35.000 anos e o **Tinf** 17.000 a 21.000 anos, o que se aproximaria mais das informações geomorfológicas e estratigráficas obtidas nos trabalhos de campo, ainda que os intervalos estivessem em seus limites. Porém, um número maior de análises em amostras para datação pelo método LOE serão necessárias para definição sobre os dois cenários possíveis.

A Tabela 3 apresenta as concentrações medidas dos isótopos radioativos utilizados para a dose anual (^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U e ^{40}K) e a dose acumulada dos sedimentos de cada nível deposicional identificado para a área de sedimentação mais a jusante (AS-2).

Nesta área, os terraços fluviais estão distribuídos em três níveis, além da planície de inundação atual. Foram realizadas três análises de datação para o mesmo afloramento referente ao **Tsup**, com idades médias obtidas de: PC4=39.000±4.670 anos (cinco

Tabela 2: Identificação, nível deposicional, concentrações de Th (tório), U (urânio), K (potássio), dose anual, dose acumulada e idade das amostras, para a Área de Sedimentação mais a montante (AS-1).

Cód. datação	Nível	Amostra	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	Dose Acumulada (Gy)	Idade (anos)
3933	Tsup.	PC 1	30,980 ± 1,115	6,380 ± 0,493	5,141 ± 0,745	9,270 ± 975	196,4	21.200 ± 3.290
						Desvio Padrão	9,8	
4066	Tsup.	PC 3	41,272 ± 1,486	8,680 ± 0,734	0,026 ± 0,004	5,120 ± 300	177,8	34.700 ± 3.800
						Desvio Padrão	12,7	
4155	Tsup.	PC 11	26,123 ± 0,940	6,337 ± 0,259	2,974 ± 0,431	6,630 ± 580	136,9	20.660 ± 2.840
						Desvio Padrão	14,4	
4065	Tinf.	PC 2	28,284 ± 1,018	6,527 ± 0,354	0,021 ± 0,003	4,000 ± 170	69,5	17.400 ± 1.600
						Desvio Padrão	18,2	
4093	Tinf.	PC 7	23,872 ± 0,859	5,545 ± 0,058	1,990 ± 0,289	5,350 ± 375	117,2	21.900 ± 2.630
						Desvio Padrão	13,9	

Tabela 3: Identificação, nível deposicional, concentrações de Th (tório), U (urânio), K (potássio), dose anual, dose acumulada e idade das amostras, para a Área de Sedimentação mais a jusante (AS-2).

Cód. datação	Nível	Amostra	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	Dose Acumulada (Gy)	Idade (anos)
3934	Tsup.	PC 4	31,266 ± 1,126	5,649 ± 0,394	1,179 ± 0,171	5,180 ± 360	202,2	39.000 ± 4.670
						Desvio Padrão	11,4	
4094	Tsup.	PC 8	18,197 ± 0,655	3,547 ± 0,335	0,776 ± 0,113	3,240 ± 250	177,2	54.700 ± 6.980
						Desvio Padrão	13,5	
4095	Tsup.	PC 9	11,771 ± 0,424	2,752 ± 0,419	0,768 ± 0,111	2,550 ± 250	167,4	65.740 ± 9.850
						Desvio Padrão	21,5	
4067	Tinf.	PC 5	34,340 ± 1,236	7,849 ± 0,737	0,032 ± 0,005	4,720 ± 290	133,8	28.400 ± 3.150
						Desvio Padrão	4,5	
4154	Tinf.	PC 13	33,493 ± 1,206	6,783 ± 0,028	2,055 ± 0,298	6,400 ± 400	112,3	17.530 ± 1.980
						Desvio Padrão	14,6	
4153	Tinf.	PC 14	26,123 ± 0,940	6,337 ± 0,259	2,974 ± 0,431	7,860 ± 620	59,6	7.580 ± 975
						Desvio Padrão	9,4	

alíquotas variando de 36.060 ± 4.300 e 41.700 ± 4.980 anos), $PC8 = 54.700 \pm 6.980$ anos (15 alíquotas variando de 47.780 ± 6.075 e 62.040 ± 7.890 anos) e $PC9 = 65.740 \pm 9.850$ anos (15 alíquotas variando de 56.780 ± 8.400 e 84.160 ± 12.460 anos). Esses resultados apontam para o estabelecimento de idade correspondente a um intervalo superior a 30.000 anos para o **Tsup**.

Para o **Tint**, foram realizadas duas análises de datação com idades de $PC5 = 28.400 \pm 3.150$ anos (cinco alíquotas variando de 26.600 ± 2.960 e 29.450 ± 3.280 anos) e $PC13 = 17.530 \pm 1.980$ anos (15 alíquotas variando de 14.220 ± 1.600 e 21.500 ± 2.430 anos). Tais idades podem corresponder a um intervalo aproximado de 20.000 a 30.000 anos, podendo a amostra $PC5$ estar relacionada ao limite entre esses dois intervalos propostos. Porém, as análises altimétricas e estratigráficas permitiram estabelecê-lo dentro do limite para o intervalo relacionado à formação do nível intermediário.

Para o **Tinf**, a única amostra de sedimento analisada apresenta idade de $PC14 = 7.580 \pm 975$ (15 alíquotas variando de 5.570 ± 715 e 9.350 ± 1.200). Ainda que de forma preliminar, pode-se estabelecer uma idade em torno de 8.000 anos para o **Tinf**.

Com isso, a partir da relação entre o desnível altimétrico (altura do topo do terraço mais antigo menos a altura do leito fluvial) e as idades médias (médias das alíquotas referentes ao terraço mais antigo) obtidas pela datação LOE, é possível estabelecer intervalo aproximado em relação à dissecação fluvial nestas duas áreas.

Para a área de sedimentação mais a montante (AS-1), considerando-se o primeiro cenário, a relação entre o desnível altimétrico do primeiro e do segundo afloramento foi de 14,02 e 14,21 metros respectivamente e a idade obtida do **Tsup** pela datação LOE foi de 21.200 anos para o primeiro afloramento e 34.700 anos para o segundo afloramento. Assim, pode-se estabelecer o intervalo aproximado de dissecação fluvial entre 4,1 e 6,6 mm/ano. No segundo cenário proposto, como a idade obtida do **Tsup** foi de 34.700 anos, a dissecação fluvial ficaria igual ou superior a 4,1 mm/ano aproximadamente.

Para a área de sedimentação mais a jusante (AS-2), a relação entre o desnível altimétrico do **Tsup** (14,57 m) e as idades entre 39.000 anos e 65.740 anos permite estabelecer intervalo aproximado de dissecação fluvial entre 2,2 a 3,7 mm/ano.

Os resultados alcançados para os intervalos da taxa de dissecação nas duas áreas de sedimentação podem não ser definitivos ou absolutos, mas serve como referencial para análise em relação à incisão linear do canal no vale.

5. Conclusões

As análises geomorfológicas e estratigráficas realizadas nas duas áreas de sedimentação fluvial, localizadas no vale do alto curso do rio Macaé, puderam definir até três níveis de escalonamentos distribuídos de forma irregular, em ambas as margens do rio Macaé.

Embora nas áreas adjacentes às áreas de sedimentação fluvial analisadas não ocorram afloramentos que possam oferecer as mesmas condições de confiabilidade nas descrições dos perfis estratigráficos realizados, o critério altimétrico, aliado às idades obtidas pelo método da luminescência LOE, foi determinante para a definição de pelo menos dois dos três níveis de terraços descritos.

Os intervalos das idades apresentados para os níveis de terraço intermediário e terraço inferior dão margens para se considerar que se tratam, ainda, de um mesmo nível de escalonamento, apesar das diferenças altimétricas entre eles, sendo necessária uma descrição estratigráfica mais rigorosa para defini-los, de fato, como níveis diferenciados.

Sendo assim serão necessários novos critérios e descrições estratigráficas, além de análises de datações para que se possa correlacioná-los e confirmar que na área há o registro desses três níveis de escalonamento proposto.

Vale esclarecer que as idades obtidas através do método da LOE em depósitos fluviais foram coerentes com as análises geomorfológicas e estratigráficas realizadas na área do alto curso do rio Macaé, se confirmando como uma ferramenta importante e de fácil acessibilidade na definição de depósitos fluviais.

No caso do vale do alto curso do rio Macaé, não há outras idades conhecidas por método diferente do LOE. Assim, as idades alcançadas para as duas áreas de sedimentação (AS-1 e AS-2) podem não representar, de forma absoluta, a última exposição dos grãos à luz solar, mas podem indicar, no mínimo, o período aproximado de desenvolvimento dos processos fluviais e formação da planície fluvial do rio Macaé, para estas áreas analisadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), Processo: E-26/110.883/2013, pelos auxílios concedidos e aos alunos de graduação em Geografia da UFRJ do grupo de pesquisa (Lucas dos Santos Leal Costa, Deivison Ferreira e Thiago Colman) e pós-graduação (Pilar Amadeu de Souza, Raphael Nunes de Souza Lima e Geislam Gomes de Lima), que muito contribuíram nos trabalhos de campo e na elaboração de figuras.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim Instituto de Geografia e Geologia-IGG-USP**, São Paulo, v. 41, p. 169-263. 1964.
- ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim DNPM-DGM**, Rio de Janeiro, v. 241, 36 p., 1967.
- ALMEIDA, F.F.M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil, **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 15-26, Suplemento, 1976.
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 28, p. 135-150, 1998.
- ALMEIDA, J.C.H. **Geologia e recursos minerais da folha Macaé SF.24-Y-A-I, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil – PGB**. Belo Horizonte, CPRM/ UERJ, 106 p. Mapa Geológico, escala 1:100.000 (série Geologia do Brasil), versão digital em CD-ROM, textos e mapas. ISBN 978-85-7499-104-7. 2012.
- ASMUS, H.E.; FERRARI, A.L. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região Sudeste do Brasil. In: PETROBRAS (Série Projeto REMAC, 4). **Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil**. Rio de Janeiro, p. 75-88, 1978.
- BLAIR, T.C.; McPHERSON, J.G. Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Research**, Boulder, v. 69, n. 1, p. 6-19, 1999.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher. 313p. 1981.
- COX, R.T. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. **Geological Society of American Bulletin**, Missouri, v. 106, p. 571-581, 1994.
- DATAÇÃO - Datação Comércio e Prestação de Serviços Ltda. **Metodologia de Datação**. São Paulo, 4p. Disponível em: <http://datacao.dominiotemporario.com/doc/Metodologia_de_Datacao.pdf>. Acessado em 11/11/2013.
- HEILBRON, M.; PEDROSA SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: MANTESSO NETO, V. BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R.; BRITO NEVES, B.B. (Orgs.) **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 203-236.
- MARÇAL, M.S.; LIMA, R.N.S.; VILLAS BOAS, G.H.; HINGEL, R.L. Mapeamento das feições geomorfológicas no sistema encosta-planície da bacia do rio Macaé (RJ). In: Congresso de Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 12, 2009, La Plata. **Anais...** La Plata: ABEQUA, 2009, 1 CD-ROM.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. **Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo**. CPRM, Belo Horizonte, 104 p., 1997.
- MELLO, C.L. **Fácies sedimentares, arquitetura deposicional e relações morfoestratigráficas em um sistema de leques aluviais holocênicos: Aloformação Manso-médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ)**. (Dissertação de Mestrado em Geologia), Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 188 p., 1992.
- MELLO, C.L.; MOURA, J.R.S.; CARMO, I.O.; SILVA, T.M.; PEIXOTO, M.N.O. Eventos de sedimentação durante o Holoceno no médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ) – aloestratigrafia e datações por radiocarbono. In: Congresso de Associação Brasileira de Estudos Quaternários, 5, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, ABEQUA, 1995, p. 193-201.
- MIALL, A.D. **The Geology of Fluvial Deposits**. Berlin: Springer-Verlag. 582 p., 2006.
- MORAIS, R.M.O. Sistemas fluviais terciários na área emersa da bacia do Espírito Santo (formações Barreiras e Rio Doce). (Tese de Doutorado em Geologia), Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 144 p., 2007.
- MOURA, J.R.S.; MEIS, M.R.M. Contribuição à Estratigrafia do Quaternário Superior no médio vale do rio Paraíba do Sul – Bananal, SP. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 89-102, 1986.

- RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil.** (Tese de Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 256 p., 1989.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G., FERRARI, A.L. Evolução geológica do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. In: V. Mantesso-Neto; A. Bartorelli; C. Dal Ré Carneiro; B.B. Brito Neves (Orgs.) **Geologia do Continente Sul-Americano - Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo: Beca, p. 383-405, 2004.
- 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**, São Paulo, v. 2, n. 37, p. 402-413, 2007.
- SCHUMM, S.A. **River variability and complexity.** New York: Cambridge University Press, 220 p., 2005.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambiente Fluvial.** Curitiba: Ed. da Universidade Federal do Paraná, 183 p., 1983.
- SUMMERFIELD, M.A. **Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms.** New York: Longman Scientific & Technical, 537 p., 1991.
- SILVA, M.V. **Datação pelo Método da Luminescência de Depósitos Coluviais e Aluviais do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.** (Dissertação de Mestrado em Geologia). Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 109 p., 2011.
- TUPINAMBÁ, M. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II, Estado do Rio de Janeiro Escala 1:100.000.** CPRM, Belo Horizonte, CD-ROM, p. 71-80. ISBN: 978-85-7499-107-8, 2009.
- WENTHWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, Chicago, v. 30, p. 377-392, 1922.