



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE
FÁCIES COM BASE EM LEVANTAMENTOS DE CAMPO E MODELOS DIGITAIS
DE ELEVAÇÃO DA PORÇÃO OESTE DA BACIA DE RESENDE, RJ**

Natan Soares Santarém

Orientador: Renato Rodriguez Cabral Ramos

Co-Orientador: André Pires Negrão

UFRJ-Rio de Janeiro

2016

Natan Soares Santarém

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE
FÁCIES COM BASE EM LEVANTAMENTOS DE CAMPO E MODELOS DIGITAIS
DE ELEVAÇÃO DA PORÇÃO OESTE DA BACIA DE RESENDE, RJ**

Monografia submetida ao curso de graduação em geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como requisito obrigatório da disciplina “Trabalho final de curso”.

Orientadores:

Renato Rodriguez Cabral Ramos (MN/UFRJ)

André Pires Negrão (IG/USP)

UFRJ-Rio de Janeiro

2016

Santarém, Natan Soares

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES COM BASE EM LEVANTAMENTOS DE CAMPO E MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO DA PORÇÃO OESTE DA BACIA DE RESENDE, RJ. Rio de Janeiro, 2016.

xv il; 114 p. 29,7 cm (Instituto de Geociências – UFRJ)

Monografia (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2016.

1. Sedimentologia 2. Litoestratigrafia 3. Sistemas Aluviais.

I. IGEO/UFRJ II. Título (Série)

Natan Soares Santarém

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES COM BASE EM LEVANTAMENTOS DE CAMPO E MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO DA PORÇÃO OESTE DA BACIA DE RESENDE, RJ

Monografia submetida ao curso de graduação em geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como requisito obrigatório da disciplina “Trabalho final de curso”.

Orientadores:

Renato Rodriguez Cabral Ramos (MN/UFRJ)

André Pires Negrão (IG/USP)

Aprovada em:

Por:

Renato Rodriguez Cabral Ramos (MN/UFRJ)

Prof. Adriano Célio Magalhães Sampaio (IGEO/UFRJ)

Geóloga Thaís Coelho Brêda (PPGL/UFRJ)

UFRJ-Rio de Janeiro

2016

A Vicente e Queila, meus pais

Agradecimentos

Agradeço aos meus professores Renato Cabral Ramos e André Pires Negrão pelos conselhos, pela ajuda e pelo amor demonstrado pela Geologia. Muito obrigado por todo entusiasmo transmitido tanto durante a faculdade, como também durante a realização deste trabalho.

Ao Coronel Dasmaceno e a a Prefeitura da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), que possibilitaram a entrada na área de instrução de treinamento e nos trataram com extremo respeito e simpatia, estando sempre dispostos a ajudar.

A minha namorada, companheira de todas as horas, Camila Fabrícia Borges, que além de sempre ouvir minha explicação sobre a areia da praia de forma paciente, se dedicou a me ajudar na elaboração de perfis e na revisão bibliográfica. Muito obrigado por todo apoio e carinho.

Aos meus companheiros de campo, Lucas Gabriel Silva de Aguiar e Luiz Felipe de Queiroz Ferreira Braga, que ajudaram na construção dessa monografia. Ao lado de vocês, os cansativos dias de campo foram mais prazerosos.

Aos colegas Pedro Calçada e Andressa Yumi, que disponibilizaram seus materiais de campo quando eu os não tinha.

A Ariely Luparelli e Felipe Yuji, que se dispuseram a ler este trabalho e me ajudaram com críticas e sugestões.

Resumo

SANTARÉM, Natan Soares. **Mapeamento Geológico e Caracterização de Associações de Fácies com base em Levantamentos de Campo e Modelos Digitais de Elevação da Porção Oeste da Bacia de Resende, RJ.** Ano 2016. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

O presente trabalho tem como principal objetivo o mapeamento geológico, reconhecendo as litologias presentes, na escala de 1: 25.000, da região dos municípios de Resende, Penedo e Itatiaia. A bacia de Resende tem sua evolução ligada ao desenvolvimento do Rifte Continental do Sudeste Brasileiro (RCSB), junto com as bacias de Volta Redonda, São Paulo e Taubaté, e está sobre o segmento central da Faixa Ribeira. Para isso, foram realizados levantamentos cartográficos, perfis faciológicos, associação de fácies, além da utilização de modelos digitais de elevação (MDE), modelos essenciais para a melhor delimitação dos polígonos das unidades mapeadas. Como resultado, foram estabelecidas cinco associações de fácies, que foram agrupadas em diferentes unidades de mapeamento. Na porção Oeste, foram reconhecidos depósitos de leques aluviais que tem sua gênese relacionada ao maciço alcalino do Itatiaia. Estes depósitos foram divididos em duas unidades (Proximal e Mediana a Distal), sendo a primeira unidade com domínio de camadas rudíticas e a segunda unidade com predomínio de fácies areníticas e pelíticas. Na borda norte, na parte central da área de estudo, também foram descritos depósitos de leque aluvial, depósitos gerado por fluxos gravitacionais associados a falha que ocorre a alguns metros acima. Estes leques foram aqui considerado como parte da Formação Resende, nomenclatura usada também para a associação de fácies conglomeráticas, areníticas e pelíticas depositados em um rio entrelaçado. Esta associação de fácies ocorre a sul do Rio Paraíba do Sul e também a norte, na porção central e a na borda leste. Na área do campo de instrução da AMAN predominam os depósitos da Formação Floriano, sendo possível observar uma relação de contato entre a Fm. Floriano e a Fm. Resende. Pode-se observar também um dique de basanita, discordante do embasamento gnáissico.

Palavras-chave: Sedimentologia; Litoestratigrafia; Sistemas Aluviais.

Abstract

SANTARÉM, Natan Soares. **Geological Mapping and Facies Association based on Field Survey and Digital Elevation Models at West Portion of Resende, RJ.** Year 2016. Final Course Assignment (Bachelor of Science, Geology) – Geology Department, Institute of Geosciences, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This present study has the main focus to develop a geological mapping of the the majors lithologies. The scale used was 1: 25,000 and the cartography was based at the region of the municipalities of Resende, Penedo and Itatiaia. The Resende Basin was developed at the same time as the Continental Rift of Southeastern Brazil (CRSB), associated with other basins as Volta Redonda, Taubaté and São Paulo, and is located at the central segment of Ribeiras's belt. Cartographic surveys, geological logs, facies association and digital elevation models (DEM) were created with the intention to stablish the best polygons of the geological units. As a result, five facies association were stablish, grouped in differents mapping, desc units. Alluvial fans were recognized at the West portion which are product of weathering of the Itatiaia Alkaline Massif, and were divided at two mapping units (Proximal and Median to Distal). The first unit has a predominance of ruditics layes and the second one sandstone and pelitic facies were predominant and also with flow rework indications. On the northern edge alluvial fans were recognized as well, associated to gravity flows generated by weathering of the Basin basement, which was uplifted by a normal fault. This deposit was considered part of Resende Formation, name also used here for the facies association defined by cycles of conglomerates, sandstone and mudstone, deposited at a braided river. This unit occurs at austral part of the Paraíba do Sul River and also at the north part(east and central portion). At the AMAN instruction field was possible to identify the contact between the Resende Formation at the bottom and the Floriano Formation, formation that is predominant. Another geological feature was recognized at the AMAN area, describe as a basanitic dike, which crosses the ganissic basement.

Keywords: Sedimentology; Lithostratigraphy; Alluvial Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Polígono em vermelho mostrando a área onde foi realizado este presente trabalho. (Fontes: <i>Google Earth</i> ; Ramos, 2003).....	4
Figura 2: Imagem de satélite com as principais vias de acesso á área de estudo. (Fonte: <i>Google Maps</i> , acessado em 6/01/2016).....	5
Figura 3: Gráfico climático do município de Resende, indicando a pluviosidade ao longo do ano. Modificado de (Data, 2010) http://pt.climate-data.org . Acessado em 12/12/2015.....	6
Figura 4: Gráfico mostrando a variação de temperatura ao longo dos meses. Modificado de http://pt.climate-data.org . Acessado em 12/12/2015	7
Figura 5: Tabela com pluviosidade media mensal e temperaturas médias durante Janeiro e Dezembro. Modificado de http://pt.climate-data.org . Acessado em 12/12/2015.....	7
Figura 6: Compartimentação do relevo da bacia, em mapa e em seção. Mapa sem escala retirado de Zalán e Oliveira (2005)	8
Figura 7: Acima, paisagem de colinas suaves niveladas típicas da bacia de Resende. Abaixo, em primeiro plano o terraço fluvial do rio Paraíba do Sul; ao fundo as colinas de rochas do embasamento cristalino do alto estrutural de Resende e o maciço alcalino do Itatiaia (Foto de Renato Ramos, 2001).	10
Figura 8: Mapa geológico do segmento central da Faixa Ribeira (modificado de Heilbron <i>et</i> <i>al.</i> , 2004 in Sanson, 2006).	12
Figura 9: Mapa geológico simplificado do embasamento cristalino da bacia de Resende. (Ramos, 2003)	13
Figura 10: Estruturação geológica do Sudeste do Brasil com as principais bacias que compõem o RCSB. (modificado de Melo <i>et al.</i> , 1985 in Sanson 2006).	17
Figura 11: Seção geológica transversal (sem escala) mostrando as áreas elevadas pelo falhamento e as depressões em forma de hemi-gráben (Asmus & Ferrari, 1978).....	18
Figura 12: Fases de evolução tectônica do Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989).	20
Figura 13: Segmentação da Bacia de Resende, mostrando o Alto estrutural que a divide em dois depocentros, o de Penedo e de Porto Real. (Modificado de Sanson, 2004)	21
Figura 14: Evolução das propostas de subdivisão estratigráfica da bacia de Resende. (Modificado de Ramos, 2003)	24

Figura 15: Carta estratigráfica da Bacia de Resende (Ramos <i>et al.</i> , 2005)	25
Figura 16: Imagem ilustrando o tamanho das partículas e suas respectivas granulometrias. (Wentworth, 1922 e Blair & McPherson, 1999).	27
Figura 17: Estabilidade das formas de leito de acordo com a velocidade do fluxo e granulometria. Notar que o gráfico da esquerda representa uma profundidade de 0,3 metros enquanto o da direita a profundidade é de 1 metro. (Ashley, 1990).....	28
Figura 18: Descrição das formas de crista e os formatos em plano. (Ashley, 1990)	28
Figura 19: Imagem mostrando dois padrões de iluminação hipotética, azimutais e zenitais, empregados na geração dos MDE's. Esta ferramenta é utilizada com a finalidade de destacar as estruturas. (Ribeiro, 2010 apud Negrão, 2014).....	30
Figura 20: Imagem mostrando a diferença de padrões obtidos utilizando a função <i>Hillshade</i> . Nesta imagem é possível observar o padrão A com uma determinada rugosidade e o padrão B apresenta um aspecto mais liso e uniforme.....	31
Figura 21: Fácies Cmm1 na Formação Floriano. Clastos de diferentes tamanhos envoltos em matriz areno-lamosa de cor avermelhada (lápiz = 20cm).....	36
Figura 22: Fácies Cmm2 no afloramento a leste da Fazenda Boa Esperança. É possível observar a heterogeneidade dos clastos que compõe o arcabouço (martelo = 40cm).	37
Figura 23 - Fácies Ccm1, na Fazenda Boa Esperança, onde é possível observar a diferença de composição dos clastos.	38
Figura 24 - Fácies Ci, em depósito da Fm. Floriano, onde é possível observar a diferença do tamanho dos clastos (trena = 10 cm).	41
Figura 25: Afloramento da Fm. Resende ss. Fácies Ch no topo do afloramento, onde também é possível observar a fácies Ca. Martelo como escala.....	42
Figura 26 - Fácies Ca em cortes no km 308 da Via Dutra. Os <i>sets</i> da estratificação são gerados a partir da diferença granulométrica. Trena como escala.....	43
Figura 27: Matacão de gnáisse milonitizado, facilmente visualizado nos depósitos da fácies Bcs. Afloramento em corte de estrada que liga Penedo a Visconde de Mauá	45
Figura 28: Fácies Am1 na Fm. Resende. É possível observar a abundância de grânulos nesta camada. Martelo como escala.....	47
Figura 29: Fácies Am2 com maior quantidade de grânulos. Afloramento ao lado do portal de informações turísticas na entrada de Penedo.	48
Figura 30: Fácies Am3, com menor quantidade de grânulos e seixos. Afloramento ao lado do portal de informações turísticas na entrada de Penedo. (Caderneta = 20cm).....	49

Figura 31: A linha vermelha indica a fácies Ag, nos depósitos da Fm. Resende. Ponto em afloramento na via Dutra, km 308.....	50
Figura 32: Litofácies Ah2, em depósitos da Fm. Resende ss, podendo ser facilmente confundida com a fácies Am1. Ponto localizado na RJ-161, sentido São Paulo, próximo a Votorantim Siderurgia.	52
Figura 33: Litofácies Ah1 e Litofácies Aa. Essas litofácies quase sempre são notadas ao longo de perfis com mais de 3 metros nas sucessões areníticas da Formação Resende ss e Floriano. Ponto localizado na via Dutra, km 308.....	53
Figura 34: Corte de estrada na Via Dutra Km 308. Fácies Pm , com coloração escura, característica dos depósitos da Fm. Resende. Nota-se que o topo sempre se encontra erodido por arenitos e ou conglomerados.....	55
Figura 35: Fácies Pl na Formação Floriano, apresentando coloração amarelada a roxa. Ponto localizado no campo de instrução da AMAN.....	56
Figura 36: Fácies LAm em depósitos do Membro Itatiaia. Ponto localizado em afloramento na estrada que dá acesso a Fábrica de Doces.	58
Figura 37: Seção NNW-SSE mostrando a interdigitação das fácies que compõe a associação de fácies 1. Nesta seção também estão marcados os perfis mostrados na figura 39.	59
Figura 38: Modelo proposto por Rust & Koster (1984) de leque aluvial associado a borda de falha. Nota-se a interdigitação dos estratos e quando mais longe da área fonte o predomínio de sedimentos arenosos e pelíticos (fácies Sph,Sh,St e Fm), ao contrário das fácies rudíticas (fácies Gm e Gms).	60
Figura 39: : Perfis 1, 2 e 3, gerados nos afloramentos em cortes de estradas ao longo da RJ-163, após o portal de informações turísticas de Penedo. Da esquerda para a direita, correspondendo a numeração da seção geológica da Figura 38. É notável que as fácies are e lamíticas têm maior expressão no perfil 3, mais distante da falha.....	62
Figura 40: Esquema modificado de Spearing (1974), onde as linhas vermelhas representam a divisão deposicional em um leque aluvial. A parte referente a A, parte de depósitos proximais e a parte referente à B, depósitos medianos a distais.....	64
Figura 41: Afloramento da associação de fácies 2, em voçoroca, na fazenda Boa Esperança. UTM:0545987/7515310 DATUM SAD 69	65
Figura 42: Perfis de diferentes afloramentos que exemplificam a Associação de Fácies 2. Perfil 1 localizado em corte de estrada. UTM:0546922/7515679. Perfil 2, localizado na fazenda Boa Esperança. UTM:0545987/7515310 DATUM SAD 69.	66

Figura 43: A esquerda, perfil representativo da porção mediana e ao centro e a direita perfis mostrando as fácies típicas da porção distal dos leques aluviais. Localização dos perfis, da esquerda para a direita. Perfil em corte de rio distributário, UTM: 0544839/7513997. Perfis distais: UTM: 0544859/7514016	69
Figura 44: Seção tipo da Fm. Resende, km 307,7 da via Dutra, sentido Rio-São Paulo, proposto por diversos autores, que aqui neste trabalho serve como seção tipo para a Associação de Fácies 4	72
Figura 45: Perfis feitos em campo, mostrando as fácies e estruturas desta associação. Perfis localizados em corte de estrada no km 307,7 da via Dutra, sentido Rio-São Paulo.	73
Figura 46: Modelo de Rio Meandrante, característico desta associação de fácies. CS: leque de crevasse, LA: Acresção lateral de arenitos, FF: Planície de Inundação (Mial, 1996).....	75
Figura 47: Seção tipo da Associação de Fácies 5, localizada na RJ-161, sentido Minas Gerais. Coordenadas UTM:05557480/7517641	76
Figura 48: Da esquerda para a direita: Perfis mostrando as fácies que ocorrem na associação de fácies 5, ao lado do perfil da associação de fácies de rio meandrante, proposto por Ramos (2003). Perfis localizados na RJ-161, sentido Minas Gerais. Coordenadas UTM:05557480/7517641	77
Figura 49: Carta estratigráfica da área de estudo, elaborada neste presente trabalho.	80
Figura 50: Mapa hipsométrico mostrando as diferenças altimétricas da área de estudo. As áreas mais escuras apresentam maior altitude, enquanto as clases esbranquiçadas as porções mais baixas	81
Figura 51: Mapa hipsométrico sobreposto sobre o modelo de sombreamento. O mapa hipsométrico apresenta 50% de transparência. é possível observar a compartimentação morfológica da bacia	82
Figura 52: Mapa geológico sobreposto sobre o modelo de sombreamento, mostrando as unidades mapeáveis e seus controles morfoestruturais	83
Figura 53: Mapa geológico das unidades mapeadas e caracterizadas em distintas cores	84
Figura 54: Mapa com os 76 pontos gerados neste trabalho e também os pontos georreferenciados adquiridos na Tese de Mestrado de Ramos (2003).....	85
Figura 55: Mapa geológico mostrando o contato entre embasamento, maciço alcalino e os depósitos do Membro Itatiaia representados nos perfis A, B e C.	87
Figura 56: Dique de basanita no campo de Instrução da AMAN, na borda norte da bacia. Coordenadas UTM: 0554896/7519268	89

Figura 57: Depósito da unidade proximal, reconhecido neste trabalho, localizado na fazenda Boa Esperança (UTM: 0545947/7515234).....	91
Figura 58: Seção tipo reconhecida por Ramos (2003), no bairro Vila Pinheiro, em Itatiaia. ..	92
Figura 59: Visão panorâmica do afloramento tipo da unidade Mediana a Distal, localizado a norte da via férrea, no município de Itatiaia e com orientação NW-SE. UTM:0545280/7513947	95
Figura 60: Contato entre as Formações Resende e Floriano, no campo de instrução da AMAN	98
Figura 61: Afloramento da Formação Resende, linhas de cor preta indicando superfícies de erosão e formas de canais. Na base, pelitos maciços de cor negra.....	99
Figura 62: Característica dos depósitos da Formação Floriano no campo de Instrução da AMAN	100
Figura 63: Afloramento da Formação Floriano, ultimo registro desta formação na borda norte da bacia. Neste afloramento é possível observar uma maior proporção de arenitos e conglomerados. RJ-161, sentido Minas Gerais. UTM:0559496/7520083	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
3	ÁREA DE ESTUDO	4
3.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	4
3.2	CLIMA E VEGETAÇÃO.....	5
3.3	RELEVO E TOPOGRAFIA	8
4	GEOLOGIA REGIONAL	11
4.1	EMBASAMENTO DA BACIA DE RESENDE E MAGMATISMO	12
4.2	EVOLUÇÃO TECTÔNICA E ESTRATIGRÁFICA DO RIFT CONTINENTAL DO SUDESTE DO BRASIL.....	16
4.3	ESTRATIGRAFIA	21
5	MÉTODOS E TÉCNICAS.....	26
5.1	MAPEAMENTO GEOLÓGICO	26
5.2	ANÁLISE LITOFACIOLÓGICA	26
5.3	MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO (MDE) E HIPSOMETRIA	28
5.4	ETAPA DE CAMPO	31
	RESULTADOS	33
6	DESCRIÇÃO E INTERPRETAÇÃO DAS LITOFÁCIES SEDIMENTARES.....	33
6.1	LITOFÁCIES RUDÍTICAS	35
6.1.1	Cmm1 (Conglomerado maciço sustentado por matriz arenosa) e Cmm2 (Conglomerado maciço sustentado por matriz lamosa)	35
6.1.2	Ccm1 (Conglomerado maciço sustentado por clastos subangulosos a angulosos) Ccm2 (Conglomerado maciço sustentado por clastos subarredondados a arredondados).....	37
6.1.3	Cg1 (Conglomerado gradado com fragmentos líticos) e Cg2 (Conglomerado gradado de composição polimítica).....	39
6.1.4	Ci (Conglomerado com imbricação), Ch (Conglomerado com estratificação horizontal) e Ca (Conglomerado com estratificação cruzada acanalada).....	40
6.1.5	Bcs (Brecha sustentada pelos clastos) e Bms (Brecha sustentada pela matriz).....	44

6.2	LITOFÁCIES ARENÍTICAS.....	46
6.2.1	Am1 (Arenito maciço), Am2 (Arenito médio a fino (vaque), maciço), Am3 (Arenito muito fino (vaque), maciço).....	46
6.2.2	Ag (Arenito gradado) e Ap (Arenito com estratificação cruzada planar)	50
6.2.3	Ah1 (Arenito com estratificação horizontal), Ah2 (Arenito com laminação mal preservada), Aa (Arenito com estratificação cruzada acanalada) e Al (Arenito com laminação cruzada).....	51
6.3	LITOFÁCIES PELÍTICAS.....	54
6.3.1	Pm (Pelito maciço), Pr (Pelito com laminação cruzada) e Pl (Pelito Laminado)	54
6.3.2	Lm (Lamito mosqueado) e LAm (Lamito arenoso maciço).....	56
7	ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES.....	59
7.1	Associação de fácies 1 (leque aluvial dominado por fluxos gravitacionais).....	59
7.2	Associação de fácies 2 (leque aluvial dominado fluxos gravitacionais– Porção Proximal).....	63
7.3	Associação de fácies 3 (leque aluvial dominado fluxos gravitacionais – Porção Mediana a Distal).....	67
7.4	Associação de fácies 4 (sistema fluvial entrelaçado com planície de inundação).....	70
7.5	Associação de fácies 5 (sistema fluvial meandrante)	74
8	MAPA GEOLÓGICO	78
8.1	UNIDADES DE MAPEAMENTO E ÁREAS DE OCORRÊNCIA.....	86
9	CONCLUSÕES	103
	LISTA BIBLIOGRÁFICA.....	105

1 INTRODUÇÃO

A bacia de Resende tem sido alvo de estudos de muitos geocientistas, com relatos na bibliografia geológica desde o século XIX (Pissis, 1842 *apud* Ramos, 2003; Derby, 1884 *apud* Ramos 2003). Sua importância para a comunidade geológica é evidente, pois além de diversos trabalhos que ajudaram a elucidar o contexto geotectônico e sedimentar do Sudeste brasileiro, serve como um excelente campo-escola, utilizados por diversas universidades do Brasil para a formação de novos geólogos.

Em relação a unidades mapeáveis, poucos trabalhos foram realizados até Amador (1975) definir duas unidades estratigráficas distintas, denominadas de Formação Resende e Formação Floriano.

Posteriormente, Almeida (1976) reconheceu que a bacia de Resende estaria implantada em uma depressão, que englobaria também as bacias de São Paulo, Taubaté e Volta Redonda. Esta depressão foi denominada de “Sistema de *Rifts* da Serra do Mar”.

A bacia de Resende engloba o segmento central do “*Rift* Continental do Sudeste do Brasil” (RCSB). Este termo, proposto por Riccomini (1989), foi uma redefinição do termo “Sistema de *Rifts* da Serra do Mar”, utilizado por Almeida (1976). As bacias de Taubaté, São Paulo, Volta Redonda e Resende, compõe o segmento central do RCSB, que foi dividido em três segmentos, sendo o central o mais notável. (Riccomini *et al.* 2004).

Melo *et al.* (1983, 1985), propôs uma revisão formal da estratigrafia da bacia de Resende, abandonando o Formação Floriano proposta por Amador (1975). Esta revisão estratigráfica foi sendo revista, modificada e complementada por diversos autores, onde dentre esses se destacam Riccomini (1989), Lima & Melo (1994), Ramos (1997,2003) e Ramos *et al.* (2005, 2006). A estratigrafia proposta por Ramos *et al.* (2006) é a mais recente sendo, portanto, a utilizada neste trabalho.

A área de estudo abrange a parte oeste bacia de Resende, feição geológica esta que faz parte das bacias sedimentares tafrogênicas de idade cenozoica, que se inserem no RCSB. As bacias que constituem o RCSB apresentam sua gênese relacionada à evolução da margem oceânica adjacente, durante o Eoceno-Oligoceno, sua estruturação tectônica possui uma orientação principal ENE – WSW, concordante com a linha de costa atual e encontra-se segmentada por estruturas transversais.

O principal desafio para a realização de um levantamento cartográfico nessa área é a escassez de afloramentos. A instalação de diversos pátios industriais na região do município de Resende e seus arredores, a expansão dos municípios e a atividade rural são os principais fatores antrópicos que restringiram o número de afloramentos.

A porção estudada abrange a parte oeste da bacia, região delimitada pelo alto estrutural de Resende (Ramos, 2003). Esta feição que divide a bacia em dois centros deposicionais é um fator que levou ao estudo desta região, buscando a compreensão de como este alto estrutural influenciou nas sucessões sedimentares.

Mesmo com a vasta contribuição do meio científico sobre esta bacia, ao se verificar a bibliografia, notou-se que não foram utilizados métodos de geoprocessamento de dados, tal como modelos digitais de terreno e o georreferenciamento das unidades mapeadas. Estes modelos também ajudam a enfrentar a problemática da escassez de afloramento.

Ao longo deste presente trabalho, serão utilizados *softwares* para se detalhar de forma mais exata a ocorrência dos sedimentos paleogênicos/neogênicos, com auxílio de modelos para fotointerpretação, como também para a confecção do mapa geológico. No decorrer deste estudo será realizada uma revisão do mapa geológico em relação aos estudos supracitados.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é o mapeamento geológico da porção oeste da bacia de Resende, na escala de 1: 25.000 na região que abrange os municípios de Resende, Penedo e Itatiaia (Figura 1). Este estudo envolve a identificação e descrição de diferentes unidades litoestratigráficas.

Para se alcançar o objetivo principal, foram definidos objetivos específicos, como:

- Análise litofaciológica das sucessões sedimentares da bacia de Resende.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

Á área do presente estudo localiza-se na região sul do estado do Rio de Janeiro, na região do médio vale do Paraíba do Sul, abrangendo os municípios de Resende na porção leste e Penedo na parte noroeste (Figura 1).

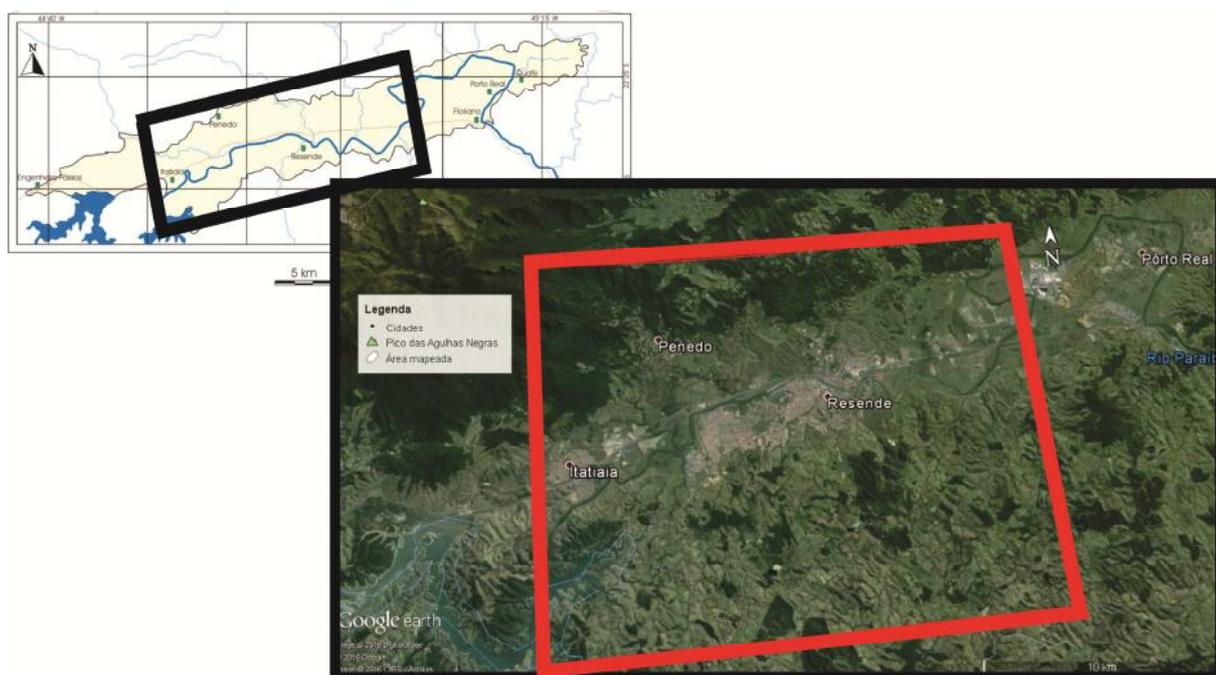


Figura 1: Polígono em vermelho mostrando a área onde foi realizado este presente trabalho. (Fontes: *Google Earth*; Ramos, 2003)

Dentre as vias de acesso à área de estudo (Figura 2), a principal delas é a rodovia Presidente Dutra (BR-116) que liga os estados do Rio de Janeiro e São Paulo e atravessa a maior parte da bacia de Resende e da área deste estudo. A partir desta rodovia é possível acessar as principais áreas de mapeamento, utilizando estradas de acesso, estradas essas que expõe alguns afloramentos em seus cortes, tanto para Penedo (RJ-163), como também a estrada que dá acesso ao município de Resende (RJ-161).



Figura 2: Imagem de satélite com as principais vias de acesso á área de estudo. (Fonte: *Google Maps*, acessado em 6/01/2016)

Na área da Academia Militar das Agulhas Negras, também é possível acessar estradas que cruzam boa parte da área estudada, mas que necessitam de liberação da Prefeitura Militar da AMAN por estarem localizadas no Campo de Instrução desta instituição.

3.2 CLIMA E VEGETAÇÃO

Para as informações de clima e vegetação referente à área de estudo, estipulou-se Resende como o principal município na região mapeada, sendo assim a fonte de dados para os dados apresentados a seguir.

A região mapeada possui tipo climático mesotérmico com verões quentes e invernos bem marcados, devido à classificação de *Köppen*. O município de Resende tem uma temperatura média anual de 21,8 °C e pluviosidade média anual de 1.488 mm (Figura 3). Possui uma estação chuvosa que coincide com a estação mais quente, o verão e uma estação seca bem marcada coincidindo com o inverno, normalmente os meses de mais elevada pluviosidade estão entre outubro e março, sendo janeiro o mês de chuvas mais intensas. Por outro lado os meses entre maio e agosto são os mais secos do ano. A classificação do clima para a região é, de acordo com *Köppen* e *Geiger* (Nimer, 1971) é Aw, clima tropical, com inverno seco.

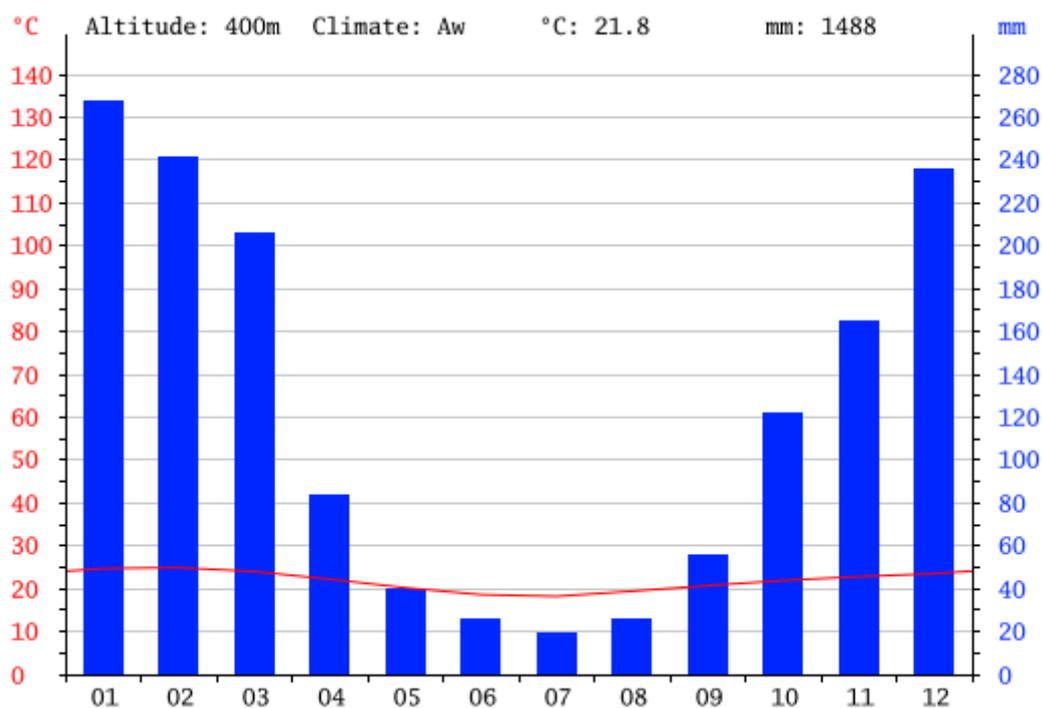


Figura 3: Gráfico climático do município de Resende, indicando a pluviosidade ao longo do ano. Modificado de (Data, 2010) <http://pt.climate-data.org>. Acessado em 12/12/2015

A temperatura média anual é de 21,8°C, com mínimas que podem atingir os 15°C nos meses mais frio, sendo eles junho e julho e com máximas que chegam a 30°C nos meses de janeiro e fevereiro (Figuras 4 e 5). As normais pluviométricas da estação meteorológica de Resende marcam em média 267 mm de precipitação para o mês de janeiro e nota-se uma queda brusca nos meses de menores temperaturas chegando a um mínimo de 19 mm em julho. É possível observar uma diferença de até 240 mm entre os meses mais secos e os mais chuvosos.

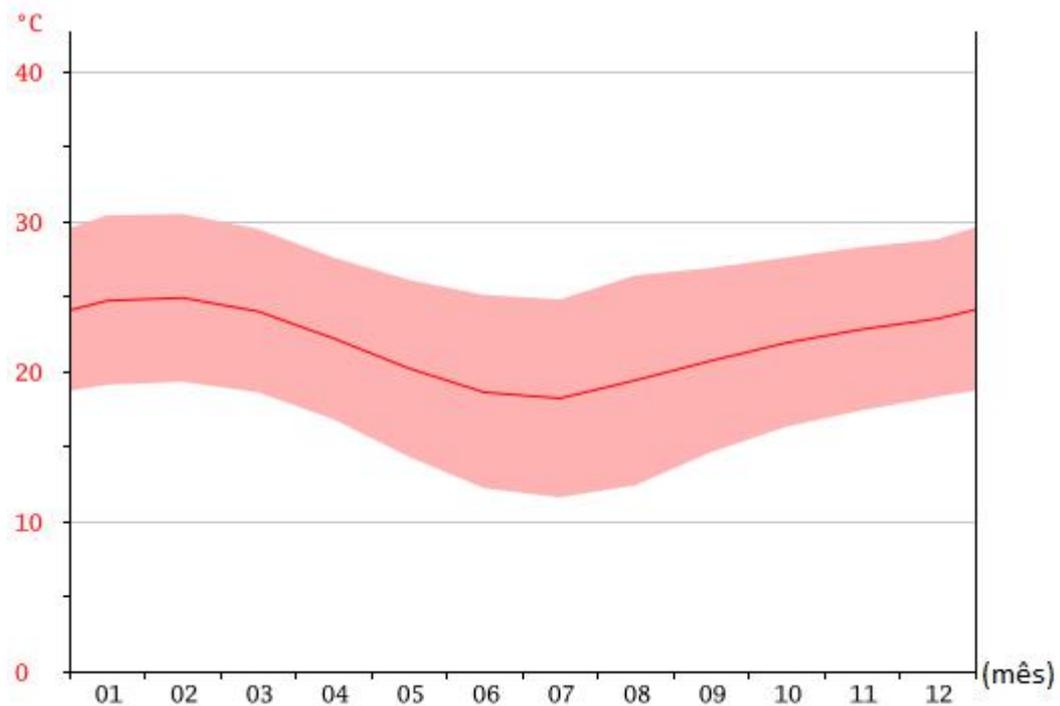


Figura 4: Gráfico mostrando a variação de temperatura ao longo dos meses. Modificado de <http://pt.climate-data.org>. Acessado em 12/12/2015

meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	267	241	206	84	40	26	19	26	56	122	165	236
°C	24.7	24.9	24.0	22.2	20.2	18.6	18.2	19.4	20.7	21.9	22.8	23.5
°C (min)	19.1	19.3	18.6	16.8	14.3	12.2	11.6	12.4	14.6	16.3	17.4	18.3
°C (max)	30.4	30.5	29.5	27.6	26.1	25.1	24.8	26.4	26.9	27.6	28.3	28.8

Figura 5: Tabela com pluviosidade média mensal e temperaturas médias durante Janeiro e Dezembro. Modificado de <http://pt.climate-data.org>. Acessado em 12/12/2015

Os principais tipos de vegetação que ocorrem no município dizem respeito aos remanescentes de Mata Atlântica. A vegetação primitiva, denominada de *Floresta Subcaducifólia Tropical* e *Campo*, ocorrem ao longo da região do vale do Paraíba do Sul (Alonso, 1977 apud Ramos, 2003).

Devido à intensa atividade antrópica, desde o ciclo do café até a imensa remobilização de imensas áreas para implantação de áreas industriais, esta vegetação foi em grande parte irradicada.

3.3 RELEVO E TOPOGRAFIA

As diferentes formas de relevo encontradas na região da bacia de Resende estão relacionadas principalmente a sua evolução tectono-estrutural. Os domínios morfoestruturais, estão representados pela Serra da Mantiqueira, pela Serra do Mar e pelo Vale do Paraíba do Sul (Figura 6).

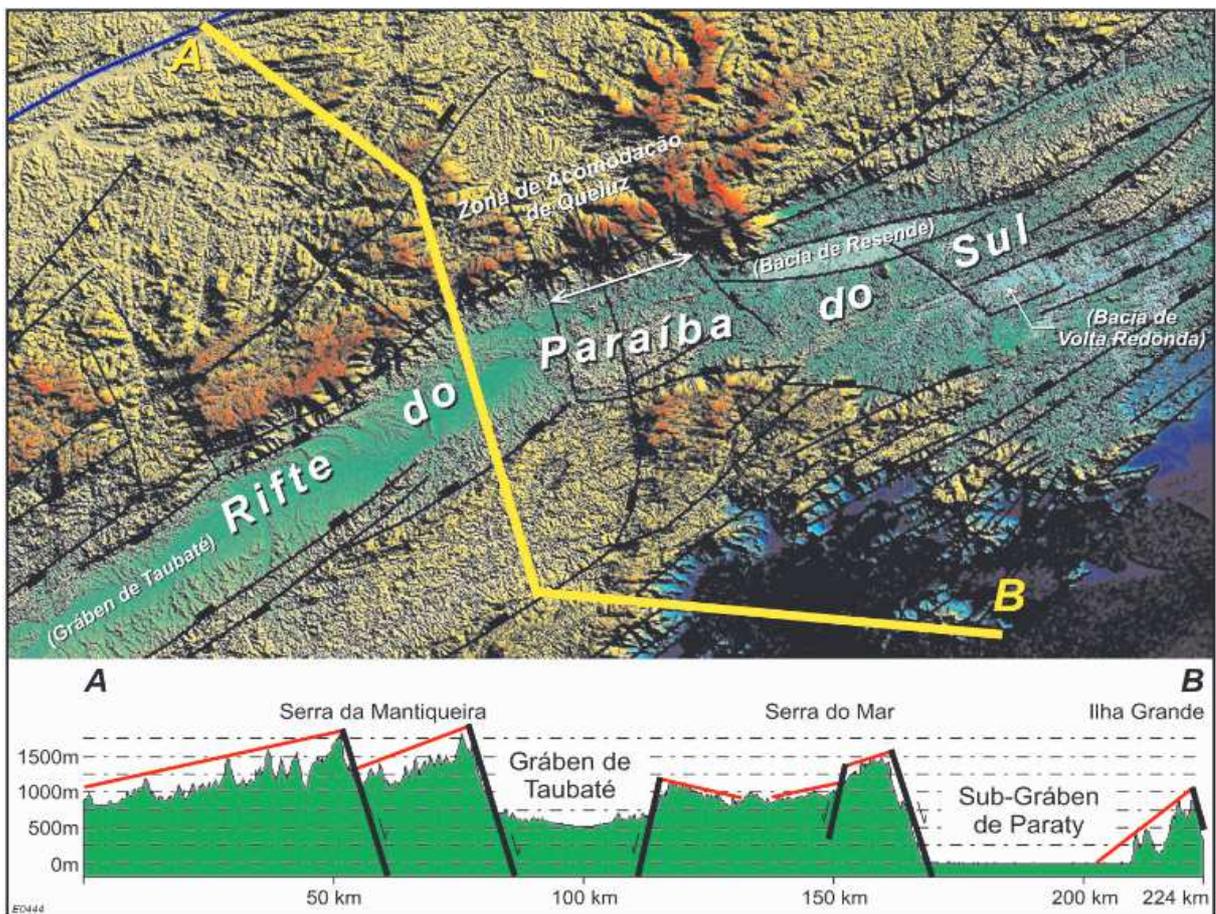


Figura 6: Compartimentação do relevo da bacia, em mapa e em seção. Mapa sem escala retirado de Zalán e Oliveira (2005)

O maciço alcalino de Itatiaia que se localiza a noroeste da bacia, possui superfície entorno de 220 km² e a cota máxima alcança 2.787m no Pico das Agulhas Negras. A sudoeste da bacia está o maciço alcalino do Morro Redondo com 8 km² e 838m de cota máxima. A

superfície da bacia sedimentar está compreendida entre as cotas 400 e 460m. Entre 380 e 400m encontra-se a planície de inundação e os terraços fluviais do Paraíba do Sul.

O conjunto topográfico e morfológico forma uma paisagem denominada “mar de morros” (Figura 7), coberta por latossolo vermelho, com vegetação secundária ou pastagens. (Ribeira & Medina, 2002)



Figura 7: Acima, paisagem de colinas suaves niveladas típicas da bacia de Resende. Abaixo, em primeiro plano o terraço fluvial do rio Paraíba do Sul; ao fundo as colinas de rochas do embasamento cristalino do alto estrutural de Resende e o maciço alcalino do Itatiaia (Foto de Renato Ramos, 2001).

4 GEOLOGIA REGIONAL

Como exposto anteriormente, a bacia está localizada no segmento central da Faixa Ribeira, unidade geotectônica caracterizada por rochas proterozóicas deformadas e metamorfizadas durante a orogênese brasileira. Esta feição tectônica estende-se por cerca de 1.500 km, do Paraná ao Sul da Bahia e possui uma orientação NNE-SSW e NE-SW. (Trouw *et al.* 2000)

São reconhecidas regionalmente três fases principais de deformação na Faixa Ribeira: a fase 1 que formou dobras do tipo intrafolial, a fase 2 que é responsável pela geração de uma foliação regional de direção NE-SW, paralela aos contatos litológicos e a fase 3 que deforma esta foliação em dobras normais suaves e abertas, com eixo perpendicular ao trend estrutural regional. (Heilbron, 1993; 1995). A história evolutiva do RCSB está relacionada ao contexto da ruptura continental e abertura do oceano Atlântico Sul, iniciada no Jurássico Final/Cretáceo Inicial.

Segundo Trouw *et al.* (2000) a Faixa Ribeira esteve sujeita a diversas fases orogênicas, que resultou em diferentes unidades geológicas, individualizadas por discontinuidades tectônicas segundo uma direção preferencial ENE-WSW. Uma característica particular dessa região relaciona-se as zonas de cisalhamento dextrais subverticais, registrando uma componente transpressiva na evolução tectônica dessa faixa móvel.

De acordo com Hasui *et al.* (1975) as unidades que compõem o segmento central da Faixa Ribeira apresentam relações de contato de forma tectônica, através de falha de empurrão e zonas de cisalhamento transcorrentes com orientação principal NE-SW, segmentados por feixes de orientação NW-SE, configurando um padrão descontínuo.

De acordo com o mapa tectônico para o segmento central da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004, Figura 8) as bacias de Resende e Volta Redonda estão inseridas no contexto do Grupo Paraíba do Sul, composto por uma sucessão metassedimentar compreendendo sillimanita-biotita gnaisses pelíticos e biotita gnaisses psamíticos, ambos com intercalações de quartzitos e rochas cálcio-silicáticas. Ainda segundo Heilbron *et al.* (2004), corpos granitóides sin-tectônicos são bastante comuns no segmento central da Faixa Ribeira.

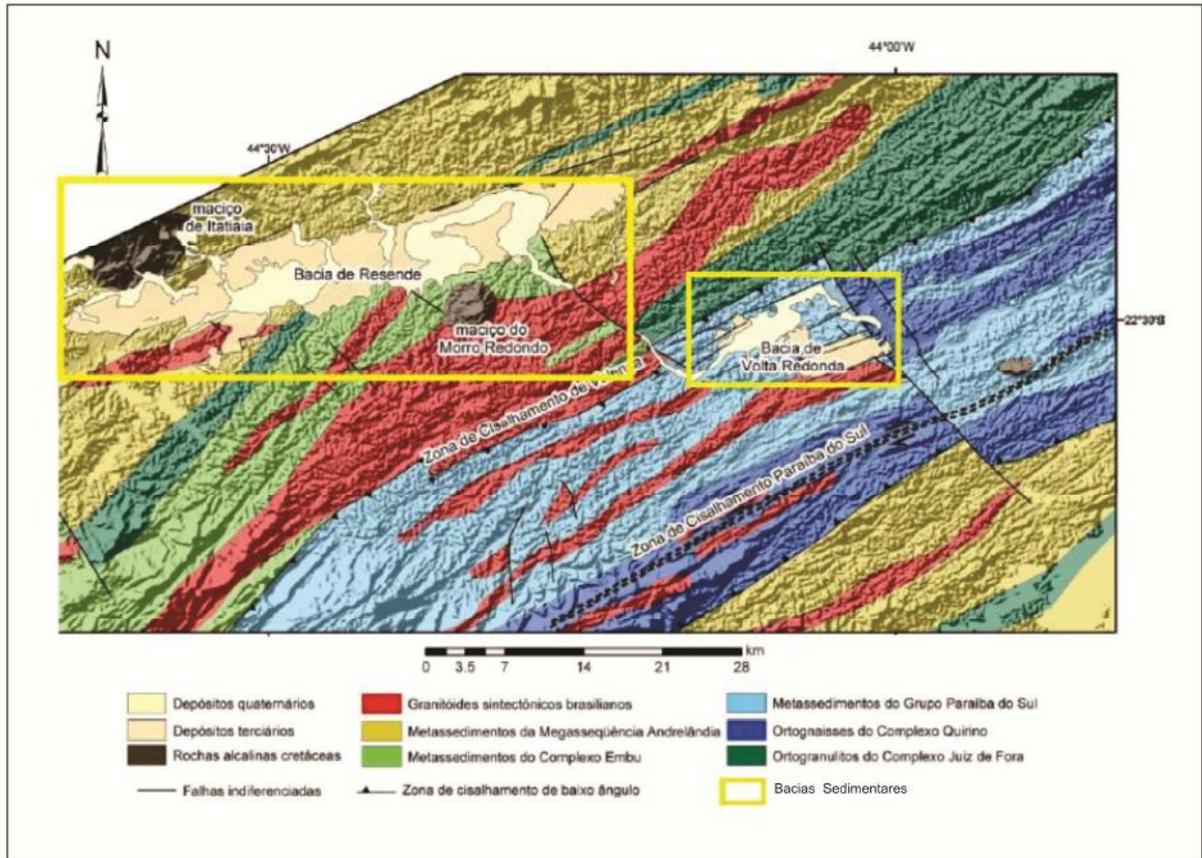


Figura 8: Mapa geológico do segmento central da Faixa Ribeira (modificado de Heilbron *et al.*, 2004 in Sanson, 2006).

4.1 EMBASAMENTO DA BACIA DE RESENDE E MAGMATISMO

A bacia de Resende está inserida no segmento central da Faixa Ribeira, caracterizada por rochas proterozóicas deformadas e metamorfizadas durante a orogênese Brasileira, rochas essas que compõe o embasamento da bacia (Hasui *et al.*, 1975; 1984).

Segundo Ramos (2003), o embasamento cristalino da bacia de Resende pode ser dividido em dois grupamentos litológicos, um que ocorre ao sul e outro que ocorre ao norte, conforme o mapa da figura 9.

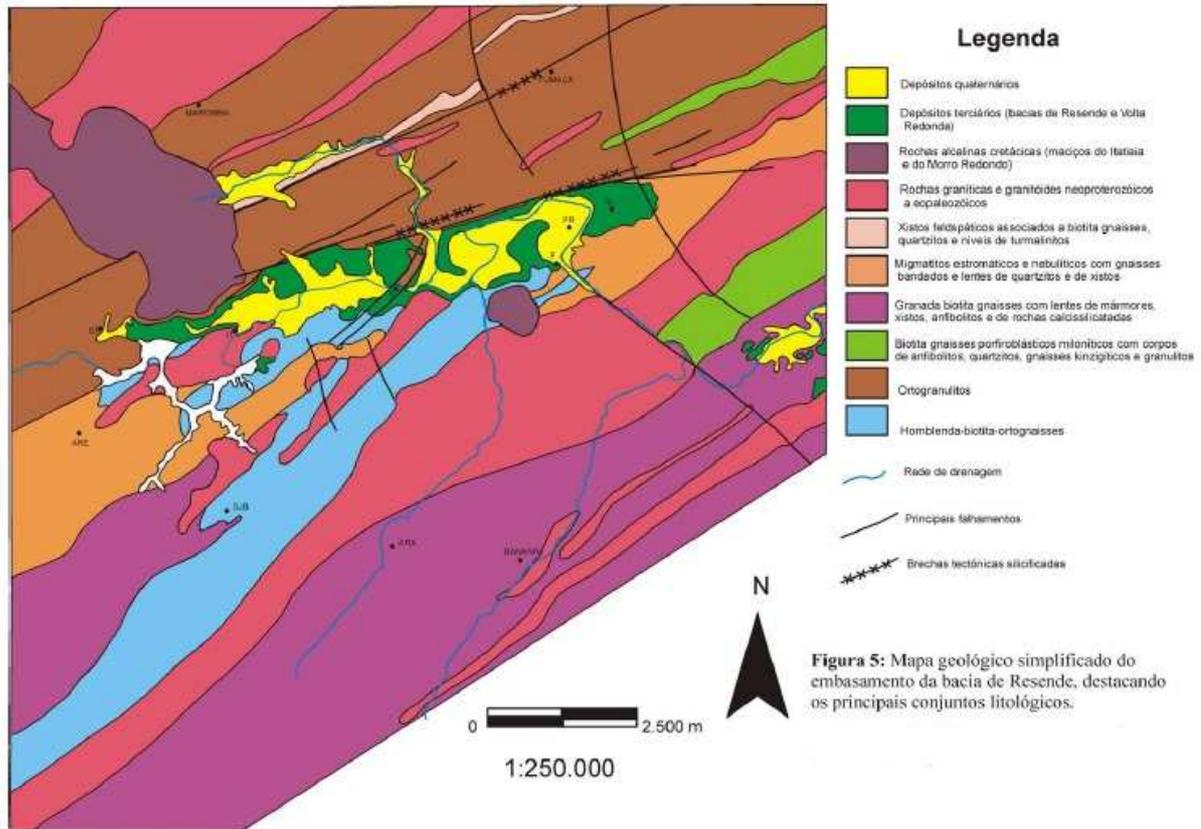


Figura 9: Mapa geológico simplificado do embasamento cristalino da bacia de Resende. (Ramos, 2003)

De modo geral, milonitos, biotita gnaisses porfiroblásticos, ortogranulitos, rochas granitoides e hornblenda-biotita-ortognaisses são as rochas que compõe o embasamento na porção norte da bacia. Na porção sul, predominam migmatitos com faixas de quartzito e xistos subordinados, biotita-granada-gnaisses, xistos feldspáticos com turmalinitos, granitoides e paragnaisses. (Ramos, 2003)

Vale ressaltar que por mais que o objetivo deste trabalho seja o mapeamento geológico das litologias que compõe a bacia de Resende, o foco principal se dá nas sucessões sedimentares. Portanto as diferentes litologias citadas acima são de interesse para o entendimento das rochas fonte que ao sofrerem processos intempéricos e erosivos atuantes durante o Paleógeno, serviram de fonte para o preenchimento da bacia.

Diferentes corpos intrusivos e extrusivos estão associados à evolução da bacia de Resende, um toleítico e outro alcalino, além de diques e *sills* alcalinos, diques e derrames ultramáficos e ocorrências de brechas tectônicas silicificadas.

O magmatismo toleítico é representado por diques básicos de basalto, diabásio e variações para microgabros. Os primeiros relatos de diques básicos foram apresentados por Costa & Raposo (1982, 1983), onde documentaram diques de diabásio, de espessuras decimétricas a métricas, com orientação N-S ou paralelos ao *trend* regional NE-SW, cortando o embasamento da bacia.

Posteriormente, Guedes *et al* (1999, 2001), de forma a detalhar os corpos toleíticos presentes na bacia, classificou os diques que cortam o embasamento em diques de basalto, diabásio e variações para microgabros em corpos mais espessos. Esses corpos apresentam orientação NNW-SSE e N-S de forma geral, e foram agrupados em três suítes, divididos em três pulsos magmáticos, sendo o primeiro de 192 a 161 Ma, seguido por outro datado com idade aproximada de 148 Ma, e por um último pulso de idade 137 a 133 Ma.

O pulso mais antigo indicaria esforços distensivos e afinamento da crosta, anterior à ruptura do Gondwana. O segundo pulso, de 148 Ma, estaria relacionados aos derrames da bacia do Paraná e enxames do Arco de Ponta Grossa e do Rio de Janeiro, episódios que evidenciaram a ruptura continental. O pulso mais novo estaria relacionado aos derrames da bacia de Campos e representa a vigência de um ambiente de estiramento crustal, com estágio para oceano restrito.

O magmatismo alcalino na bacia de Resende tem como principais manifestações as rochas alcalinas de idades neocretácea ao Paleoceno, representadas pelos maciços do Morro Redondo e do Itatiaia/Passa Quatro.

O maciço do Morro Redondo não se encontra na área de estudo e está localizado a sudeste da bacia de Resende, mas vale ressaltar a sua importância regional, como forma de melhor entender o maciço alcalino de Itatiaia. Este maciço, cujo ponto culminante atinge 838 m, tem forma grosseiramente circular, possui área de 8 km² e apresenta contatos bruscos com o embasamento gnáissico proterozoico (Ramos, 2003). O maciço é constituído, predominantemente, por nefelina sienitos de granulometria média a grossa (Valença *et al.*, 1983).

Os maciços alcalinos de Itatiaia e Passa Quatro estão localizados no limite do Estado do Rio de Janeiro e também estão distribuídos pelos estados de Minas Gerais e São Paulo, abrangendo um trecho da serra da Mantiqueira, onde está o Pico das Agulhas Negras. A área de ocorrência de rochas alcalinas é de cerca de 330 km², sendo que o maciço de Itatiaia compreende 220 km² e o de Passa Quatro, 110 km² (Ribeiro Filho, 1967).

O maciço alcalino se distribui por toda borda norte da área deste presente trabalho, sendo de suma importância seu entendimento. Ribeiro Filho (1967) foi pioneiro na descrição dos maciços alcalinos de Itatiaia e Passa Quatro, descrevendo de forma detalhada as rochas alcalinas desses maciços. O mesmo classificou as rochas alcalinas que compõe o maciço em diferentes tipos petrográficos de rochas alcalinas, tais como, sienito, nefelina sienito, sodalita-nefelina sienitos, aegerina sienitos, quartzo sienitos, foiaitos, brechas e granito alcalino.

Os diques e *sills* alcalinos aparecem dispersos na região, com orientação preferencial ENE a NE, orientação essa similar as principais direções de falhamentos de idades mesozoóicas do embasamento da bacia de Resende. Os diques e *sills* não apresentam área com notável concentração. Segundo Melo *et al.*(1983) essas rochas são traquitos afaníticos e porfíricos e micro-sienitos, possivelmente sincrônicos a intrusão dos maciços alcalinos.

Os diques e derrames ultramáficos são descritos por Riccomini *et al.* (1983; 1991) como rochas extrusivas ankaramíticas, que se intercalam as sucessões sedimentares da Formação Resende, na região da Casa de Pedra, na bacia de Volta Redonda. Para Negrão (2014), os derrames de rocha vulcânica ultramáfica alcalina, descritos como Basanito Casa de Pedra, estaria posicionado entre as formações Resende e Pinheiral.

A única ocorrência deste magmatismo na bacia de Resende se dá na forma de diques ultrabásicos, constituídos por piroxênio-biotita lamprófiros e piroxênio-olivina lamprófiros, que cortam o embasamento da bacia de Resende (Riccomini *et al* 1991).

As ocorrências de brechas tectônicas silicificadas se dão ao longo da borda norte da bacia de Resende, evidenciando o traçado das grandes falhas de orientação ENE-WSW. Esse falhamento normal gerou uma série de cristas constituídas por rochas brechadas e silicificadas, que podem ser facilmente observadas (Ramos, 2003).

Essas brechas são caracterizadas por Melo *et al* (1983) como brechas de coloração branca a cinza clara, ocorrendo fragmentos angulosos de rochas alcalinas geralmente

silicificadas, como também gnaisses porfiroblásticos, milonitos gnaisses e blastomilonitos silicificados, todos esses cimentados por calcedônia.

Valeriano & Heilbron (1993) caracterizaram na área de estudo, a “Zona de Transtensão de Volta Redonda” (Figura 9), segundo esses autores, corresponde a uma zona de falhas de natureza transtrativa, com rejeitos dextrais e direção WNW a NW, impressa sobre terrenos pré-cambrianos. Essa zona de transtensão, situada entre dois segmentos do RCSB limitados por falhas normais a norte, configuraria, segundo os autores, uma zona de transferência sintética com sobreposição.

Almeida (1991) relata que no segmento central da Faixa Ribeira ocorrem importantes intrusões de rochas alcalinas que fazem parte do alinhamento magmático Cabo Frio. Supõe-se que essa província magmática teria se desenvolvido em uma zona de fraqueza litosférica de direção WNW-ESE, criando condições favoráveis à formação de magma alcalino e fusão parcial do manto, resultando no estabelecimento de corpos alcalinos intrusivos, sob a forma de *stocks* e maciços, além de ocorrências efusivas de um número expressivo de diques (Almeida, 1991). Essa faixa esteve sujeita a, pelo menos, duas fases de reativação e magmatismo associado, uma no Neocretáceo a Paleoceno e outra durante o Eoceno (Riccomini *et al.*, 2004).

4.2 EVOLUÇÃO TECTÔNICA E ESTRATIGRÁFICA DO RIFT CONTINENTAL DO SUDESTE DO BRASIL.

A compreensão da origem e evolução do RCSB tem sido alvo de diversos pesquisadores desde a década de 70. Esta feição geotectônica se estende por cerca de 900 km e se apresenta como uma faixa estreita e deprimida, orientada segundo a direção ENE-WSW, paralelamente à linha de costa (Figura 10) (Riccomini *et al.*, 2004).

Almeida (1976) definiu essa feição como um complexo de vales, serras e bacias sedimentares na região emersa adjacente à Bacia de Santos, englobando as bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté e Resende, inseridas no vale do rio Paraíba do Sul, e o *Rift* da Guanabara. Riccomini (1989) acrescentou a este sistema de bacias tafrogênicas a bacia de Volta Redonda.

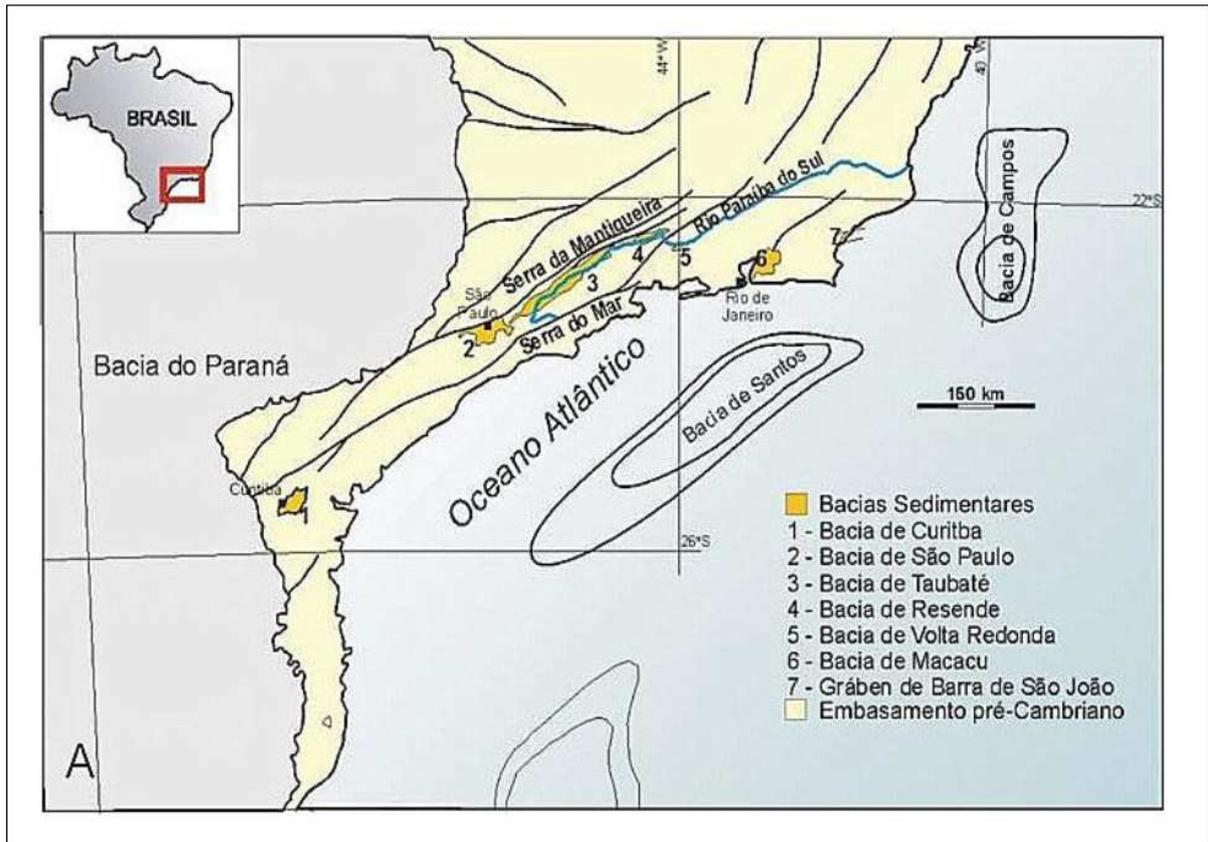


Figura 10: Estruturação geológica do Sudeste do Brasil com as principais bacias que compõem o RCSB. (modificado de Melo *et al.*, 1985 in Sanson 2006).

A evolução das bacias cenozoicas continentais do Sudeste do Brasil relaciona-se aos estágios finais de abertura do Atlântico Sul. As hipóteses principais podem ser distinguidas em duas linhas gerais: uma introduzida por Almeida (1976) está embasada em um evento termal (intumescência e afinamento da crosta continental) durante o Mesozoico e no Paleógeno houve um rifteamento caracterizado por esforços tectônicos extensivos com o desenvolvimento de falhas normais; a segunda é defendida por Zalán (1986), que propõe um mecanismo de esforços transtensionais típicos de uma Zona Móvel Transcorrente, na qual não estaria vinculada a um evento térmico profundo.

A evolução tectônica do sistema de Rifts da Serra do Mar teria se iniciado entre o neojurássico e o eocretáceo, no contexto da ruptura continental e da abertura do Atlântico Sul, através de um evento termal no manto superior que resultou na reativação de antigas falhas de idade brasileira (Almeida, 1976).

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 de abertura do oceano Atlântico, entre o Permiano e o Triássico. Os processos de afinamento

da crosta relacionados à distensão e a acumulação de sedimentos durante a evolução da margem continental teriam determinado um desequilíbrio isostático entre as áreas continental e oceânica. Como resultado dos movimentos verticais da crosta (soerguimento e subsidência) foram geradas falhas normais, principalmente ao longo de foliação e de falhamentos de idade brasileira. Esses movimentos deram origem a blocos basculados, cujo arranjo se configurou como cristas e depressões intermediárias, constituindo o que se chama de hemi-gráben. (Figura 11)

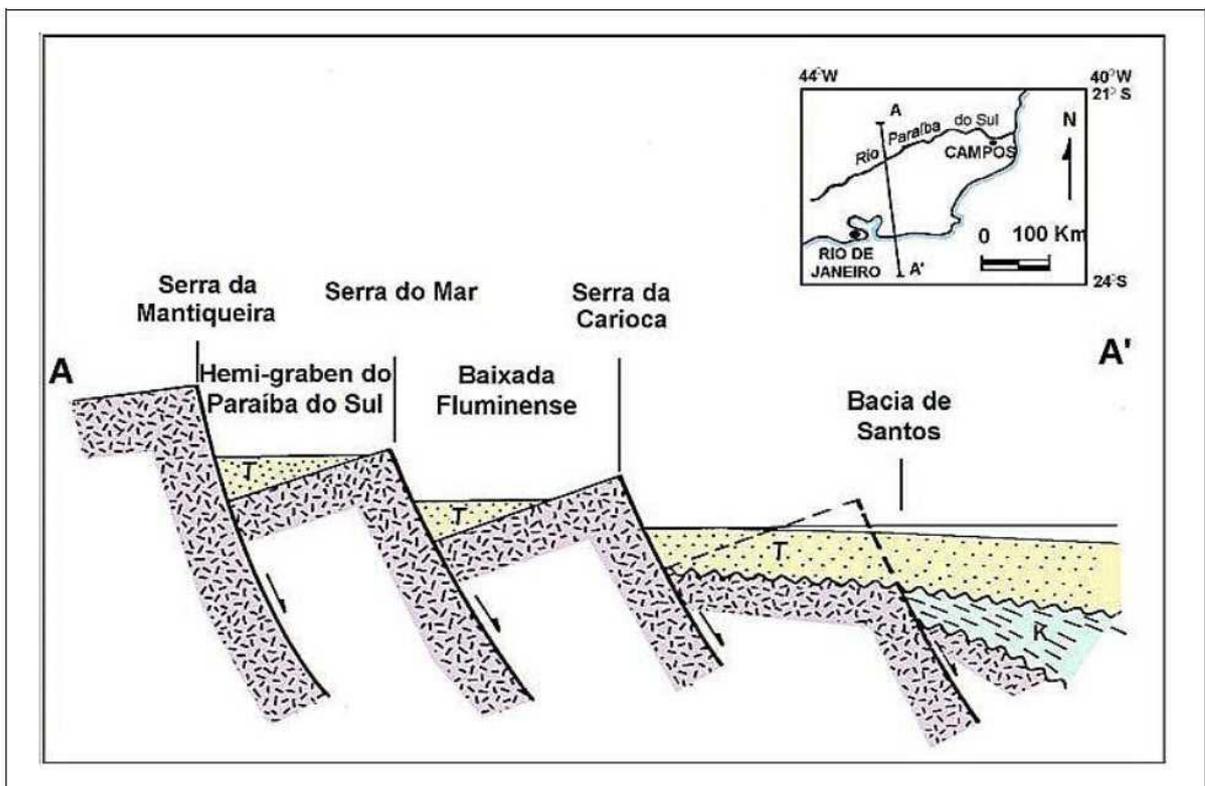


Figura 11: Seção geológica transversal (sem escala) mostrando as áreas elevadas pelo falhamento e as depressões em forma de hemi-gráben (Asmus & Ferrari, 1978).

A ideia de domeamento pré-rift foi postulada também por White & McKenzie (1989) e Cox (1989) que propuseram a atuação de um hot spot nas regiões Sul-Sudeste do Brasil e Sudoeste da África, que teria desencadeado a tafrogenia formadora do Atlântico Sul e do RCSB, onde se desenvolveu uma drenagem com padrão dômico.

Zalán (1986) foi o primeiro autor a propor um modelo transtensional para a evolução das bacias continentais do Sudeste do Brasil, associado a uma “zona móvel transcorrente rúptil”, enquanto os demais autores defendiam um modelo de evolução tectono-sedimentar com predominância de esforços extencionais, gerando apenas falhas normais.

Riccomini (1989) estabeleceu uma sequência de eventos tectônicos para o RCSB que relacionou os eventos tectônicos a cinco sistemas deposicionais. O episódio formador da depressão tectônica, ocorrido durante o Paleógeno, estaria relacionado a um campo de esforços extensionais NNW-SSE, estes esforços proporcionaram a reativação de zonas de cisalhamento proterozoicas de direção ENE-WSW, formando os hemi-grábens que receberam um grande volume de sedimentos. Posteriormente, este autor rejeitou esse modelo (Zalán & Oliveira, 2005).

Durante o evento tectônico inicial, desenvolveu-se nas bacias de Taubaté, Resende e Volta Redonda sistema de leques aluviais associados a uma planície de rios entrelaçados, representados por depósitos conglomeráticos a arenosos intercalados com depósitos lamínicos, incluídos na Formação Resende. Simultaneamente à deposição dos sedimentos da Formação Resende ocorreram na Bacia de Volta Redonda (gráben da Casa de Pedra) manifestações vulcânicas na forma de derrames de lavas ultrabásicas.

No final do Oligoceno, uma nova fase tectônica caracterizada por uma movimentação transcorrente sinistral de direção E-W favoreceu a formação de soleiras entre as bacias. Após um período de relativa calma tectônica, ocorreu no Pleistoceno uma terceira fase tectônica caracterizada por transcorrência dextral de direção geral E-W, com compressão NW-SE associada, foi a responsável pela configuração atual das bacias.

Uma quarta fase tectônica de extensão com direção geral NW (WNW)-SE(ESE), de idade holocênica, afetou através de falhamentos normais depósitos de baixos terraços do Paraíba do Sul. (Figura 12)

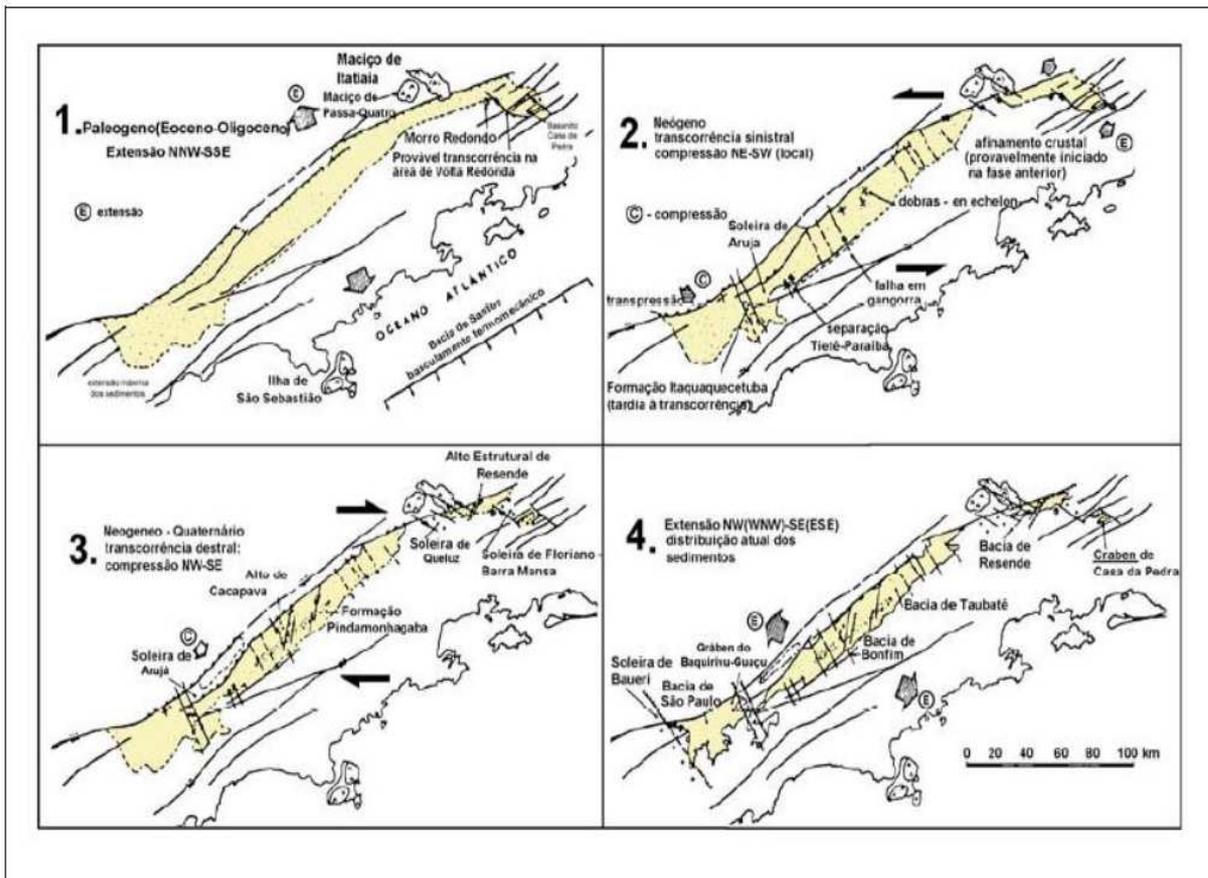


Figura 12: Fases de evolução tectônica do Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989).

Salvador (1994) e Salvador & Riccomini (1995) estudando a região da soleira de Queluz e o setor oeste da bacia de Resende reconheceram uma quinta fase tectônica para o RCSB. Esta fase consiste em uma nova mudança no regime de esforços durante o Holoceno, agora compressivos, de direção E-W.

A bacia de Resende estende-se por 47 km, com seu eixo na posição N75°E, sendo alongada no sentido ENE-WSW. Constitui uma depressão tectônica embutida ente o maciço de Itatiaia (2.800m) e a Serra da Mantiqueira (2.200m), situados a N-NW, e a Serra da Bocaina (2.100m), a S-SE.

A depressão possui largura média de 4,5 km, sendo a máxima de 7,3 km a oeste da cidade de Resende e a mínima de 1,2 km a oeste da cidade de Itatiaia. Sua superfície é de cerca de 240 km² e a espessura estimada do pacote sedimentar chega a até 550m (Ramos, 2003).

A bacia de Resende conta com a presença de abundantes depósitos de fluxos gravitacionais ao longo de toda borda norte da depressão e as maiores espessuras do pacote

sedimentar registradas, adjacentes a este setor, reforçam sua condição de borda ativa do hemigráben (Ramos *et al.*, 2005).

Em sua porção central, é segmentada por um alto estrutural (soleira de Resende) gerado pela atuação de falhas transversais durante a tectônica extensiva que gerou o hemigráben do Paleógeno. De acordo com a sua formação a bacia de Resende possui dois depocentros principais, um a oeste, denominado de depocentro Penedo e um a leste da soleira de Resende (Figura 13).

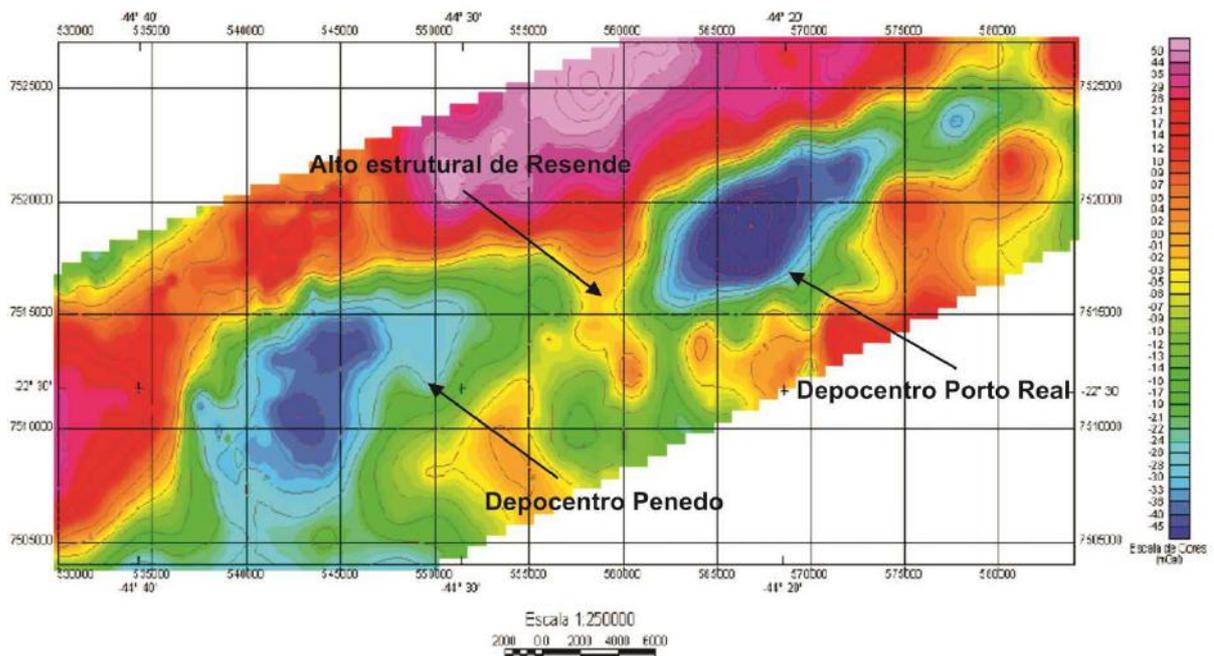


Figura 13: Segmentação da Bacia de Resende, mostrando o Alto estrutural que a divide em dois depocentros, o de Penedo e de Porto Real. (Modificado de Sanson, 2004)

4.3 ESTRATIGRAFIA

A estratigrafia proposta por Ramos (2003) e Ramos *et al.* (2005, 2006) é amplamente aceita no meio científico, sendo assim a base de dados para este trabalho e descrita aqui..

Este trabalho não tem por objetivo uma extensa e minuciosa revisão bibliográfica das nomenclaturas e dados históricos sobre as formações rochosas que fazem parte do preenchimento sedimentar da bacia de Resende, porém, ao longo dos últimos 50 anos,

diversos autores, alguns destes citados acima, se debruçaram em profundas pesquisas, propondo novas divisões estratigráficas e as revisando. Vale ressaltar o trabalho de Sanson (2004), em que o autor consegue de forma clara mostrar a evolução estratigráfica ao longo dos anos. Ramos (2003) elaborou uma tabela mostrando a evolução estratigráfica, conforme visto na figura 14.

De acordo com a última proposta para a estratigrafia dos depósitos sedimentares cenozoicos da bacia de Resende, proposta por Ramos *et al.* (2005,2006), conforme a figura 15 tem-se seguinte subdivisão:

- **Formação Ribeirão dos Quatis:** é a sucessão sedimentar mais antiga reconhecida na bacia, restrita à porção leste, e os depósitos desta unidade estão dispostos diretamente sobre o embasamento gnáissico, sendo caracterizada essencialmente por sedimentos conglomeráticos. A Formação Ribeirão dos Quatis é caracterizada por camadas de conglomerados médios a grossos, com seixos de quartzo bem arredondados, intercalados por arenitos arcoseanos grossos a muito grossos e escassas lentes pelíticas.

A Formação Ribeirão dos Quatis foi interpretada como o registro de um antigo sistema fluvial entrelaçado.

- **Formação Resende:** com a evolução do processo extensional, durante o Eoceno, o desenvolvimento da falha principal do hemi-gráben produziu a formação de leques aluviais, graças a atuação de processos gravitacionais, ao longo da borda norte da bacia, e de um sistema fluvial axial, esses depósitos consistem na maior parte do volume de sedimentos que preencheu a bacia e foram incluídos na Formação Resende, proposta de forma pioneira por Amador (1975) que reconheceu os depósitos rudáceos de origem alcalina, mas não os subdividiu em um Membro.o que foi revisado por Ramos (2003).

A Formação Resende é dividida em Formação Resende *stricto sensu*, Membro Itatiaia e Membro Acácias. A Formação Resende *stricto sensu* se caracteriza por depósitos de leques aluviais restritos a borda norte da bacia e depósitos de origem fluvial, distais aos leques, com maior ou menor contribuição de fluxos gravitacionais (Ramos, 2003). Os depósitos de leques aluviais são definidos por Ramos *et al.* (2005) como depósitos rudíticos constituídos por brechas sustentadas pelos clastos ou pela matriz intercalados a arenitos lamosos com seixo. Já

as sucessões fluviais são caracterizadas por intercalações de conglomerados finos a médios com arenitos arcoseanos, e camadas expressivas de lamitos esverdeados. O sistema fluvial interpretado para esta formação é caracterizado por um conjunto de cinturões de canais entrelaçados contendo expressiva carga arenosa fluindo por entre uma planície de inundação pelítica. (Bentham *et al.*,1993)

Os depósitos de leques aluviais adjacentes aos maciços alcalinos e suas porções distais, onde há o predomínio de sedimentos fluviais, foram incluídos no Membro Itatiaia da Formação Resende. Estes depósitos possuem composição rica em detritos derivados dos maciços alcalinos, o que os diferenciam dos demais depósitos da Formação Resende (Ramos, 2003 & Ramos *et al.*, 2005).

O Membro Acácias, definido por Ramos (2003) foi distinguido da Formação Resende devido à ausência de intercalações de lamitos e arenitos váquicos verdes nos depósitos fluviais devido a melhor seleção dos arenitos e pelas diferenças de cor dos depósitos. Estes depósitos se caracterizam pela superposição de ciclos granodecrescentes com conglomerados finos a médios, podendo ocorrer intraclastos pelíticos lenticulares, sobrepostos por arenitos médios a grossos e camadas de pelitos maciços. Esta subunidade estaria associada a um sistema fluvial entrelaçado distal em um ambiente com elevada subsidência.

-Formação Floriano: a Formação Floriano, definida por Amador (1975), abandonada por Melo *et al.* (1983, 1985), foi retomada por Ramos (2003). Amador (1975) reconheceu depósitos quaternários como Fm. Floriano, o que não foi mantido por Melo *et al.* (1983, 1985), que unicamente reconheceu os depósitos quaternários, mas sem os classificar como formação. Riccomini (1989), que ao propor o RCSB, sugeriu duas Formações para a bacia, sendo elas Fm. Resende e Fm. São Paulo. A Formação São Paulo foi interpretada como um sistema fluvial entrelaçado, o que foi revisado por Ramos (2003), como sendo Formação Floriano.

A Formação Floriano é caracterizada por uma sucessão de camadas arenosas intercaladas com pelitos, ambos de coloração avermelhada dispostas em corpos de geometria lenticular ou sigmoidal, sotopostas por conglomerados finos. (Ramos, 2003 & Ramos *et al.*, 2005)

Os depósitos da Formação Floriano, cujas espessuras não ultrapassam os 20 m, são característicos de um sistema fluvial meandrante arenoso, que representou a fase de

colmatação da bacia de Resende, tendo se desenvolvido tanto sobre os depósitos da Formação Resende como sobre o embasamento do alto estrutural de Resende (Ramos *et al.*, 2005).

Restos fossilíferos são bastante escassos na Bacia de Resende, só foram encontradas fósseis de folhas pertencentes ao Membro Acácias. Fernandes *et al.* (1992) relata uma série de estruturas de escavações cilíndricas, associadas a atividade biogênica de artrópodes. Duas correntes divergem quanto se trata das condições climáticas à época da sedimentação. Uma baseada nos restos fossilíferos encontrados, defende a ocorrência de “clima quente ou temperado, provavelmente úmido” ou “tropical quente e úmido”. Outra, baseada em dados sedimentológicos ou mineralógicos, atribuiu para a bacia de Resende um paleoambiente árido ou semi-árido durante o preenchimento da bacia.

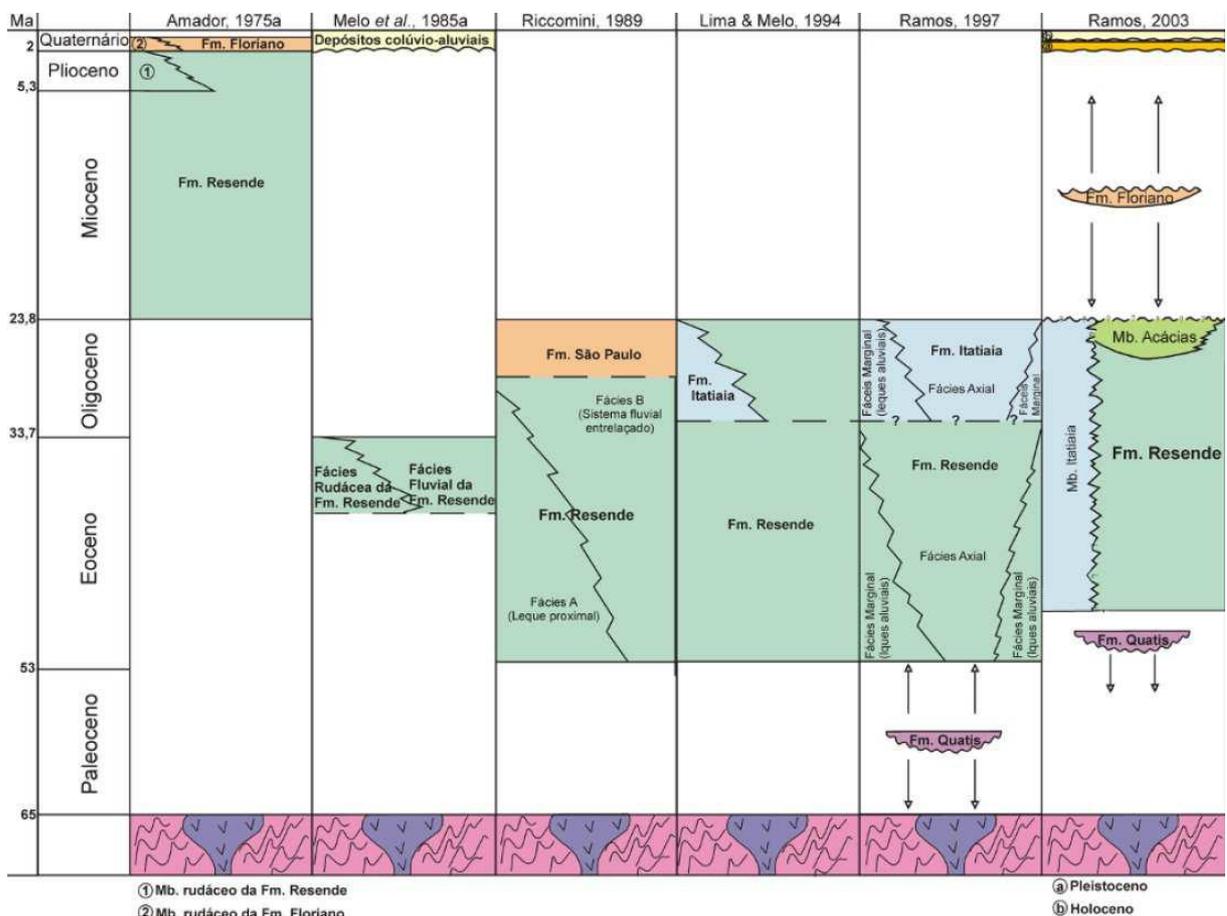


Figura 14: Evolução das propostas de subdivisão estratigráfica da bacia de Resende. (Modificado de Ramos, 2003)

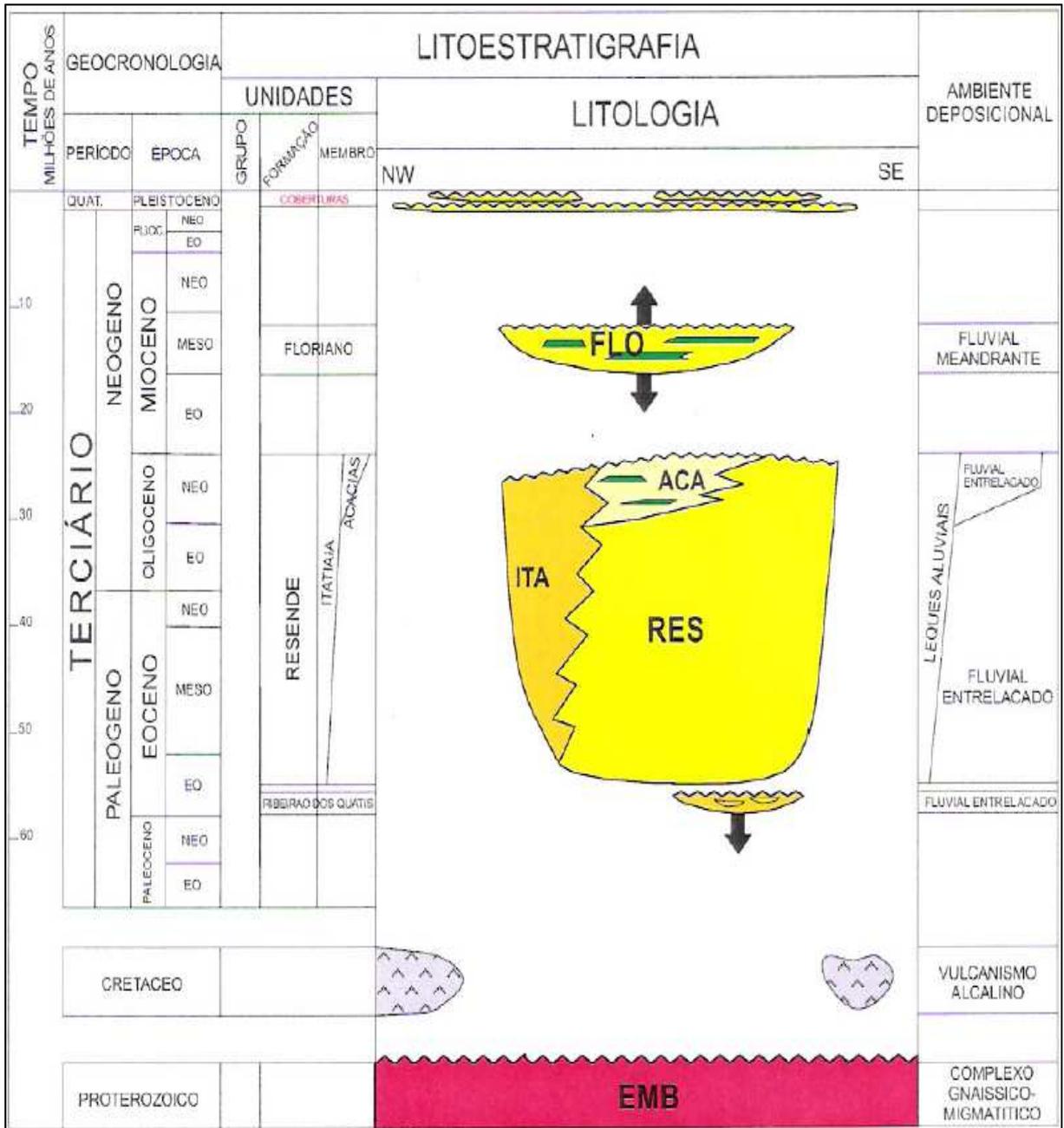


Figura 15: Carta estratigráfica da Bacia de Resende (Ramos *et al.*, 2005)

5 MÉTODOS E TÉCNICAS

5.1 MAPEAMENTO GEOLÓGICO

Para alcançar o objetivo proposto foi feito primeiramente um levantamento bibliográfico, onde se buscou um entendimento prévio da região estudada.

As informações utilizadas são do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx). Para a etapa de mapeamento na escala de 1: 25:000 foram obtidas as cartas RESENDE - SF-23-Z-A-II-3-SO - 25.000, ITATIAIA-SE - SF-23-Z-A-I-4-SE - 25.000, BARREIRO-NE - SF-23-Z-A-IV-2-NE - 25.000, cartas estas que se sobrepõe, todas obtidas em formato TIF. Estas cartas estão disponibilizadas na base de dados de cartas topográficas matriciais do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx) e podem ser adquiridas com a solicitação através de um formulário. Para o georreferenciamento das bases espaciais utilizadas, e para o posicionamento em campo através de GPS foi adotado o grid de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), utilizando-se o *datum* SAD 1969, sobre a zona 23K - sul.

Tais cartas topográficas obtidas, serviram tanto para a confecção do mapa de campo, como também para a posterior realização do mapa final no escritório, a partir do georreferenciamento dos pontos coletados em campo utilizando-se o *software* ArcMap 10.2 (ESRI, 2013).

5.2 ANÁLISE LITOFACIOLÓGICA

As bases conceituais para a realização do mapeamento são as mesmas utilizadas por Ramos (2003) e Ramos *et al.*, (2006), no qual os autores citados utilizaram-se do conceito de fácies sedimentares para a definição de distintas litofácies ou associações de litofácies, caracterizando assim distintas unidades mapeáveis.

Neste estudo procurou-se atribuir às fácies códigos que estivessem de acordo com a proposta de Miall (1985). Segundo esse autor, a primeira letra, em maiúsculo, representa a litologia dominante; a segunda e terceira letra está última se necessário, aparecem em minúsculo e representam as estruturas sedimentares, aspectos texturais ou outra característica diagnóstica presente.

Os perfis verticais foram elaborados de acordo com a escala granulométrica proposta por Blair & McPherson (1999), que é uma pequena variação do modelo proposto por

Wentworth (1922). Esta escala, ilustrada na figura 16, foi escolhida devido ao maior número de subdivisões das frações rudíticas, ajudando na melhor caracterização dos afloramentos. Os perfis confeccionados estabeleceram a proporção de 1:20.

Tamanho da partícula (mm)	Granulometria
2048.00-4096.00	Matacão Muito Grosso
1024.00-2048.00	Matacão Grosso
512.00-1024.00	Matacão Médio
256.00-512.00	Matacão Fino
128.00-256.00	Calhau Grosso
64.00-128.00	Calhau Fino
32.00-64.00	Seixo Muito Grosso
16.00-32.00	Seixo Grosso
6.00-16.00	Seixo Médio
4.00-6.00	Seixo Fino
2.00-4.00	Grânulo
1.00-2.00	Areia Muito Grossa
0.50-1.00	Areia Grossa
0.25-0.50	Areia Média
0.125-0.25	Areia Fina
0.0063-0.125	Areia Muito Fina
0.0004-0.063	Silte
0.0001-0.0004	Argila

Figura 16: Imagem ilustrando o tamanho das partículas e suas respectivas granulometrias. (Wentworth, 1922 e Blair & McPherson, 1999).

Para a interpretação das estruturas observadas nos perfis, descritas na seção 7, estruturas essas observadas em alguns afloramentos em campo, os gráficos representados nas figuras 17 e 18 serviram como fonte de consulta para a interpretação dos dados. Estes gráficos foram retirados do trabalho de Ashley (1990).

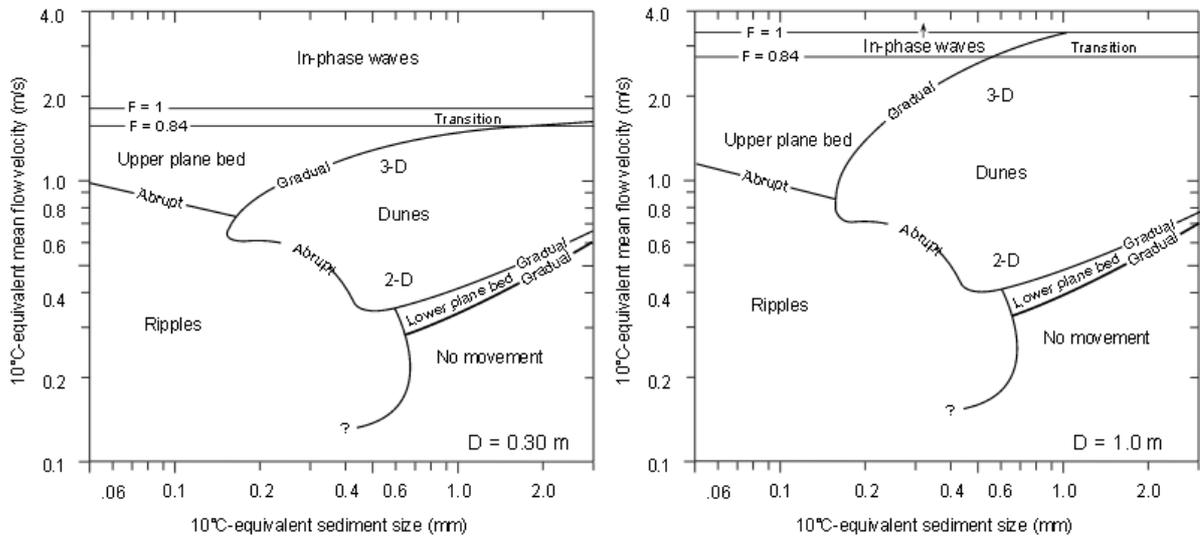


Figura 17: Estabilidade das formas de leito de acordo com a velocidade do fluxo e granulometria. Notar que o gráfico da esquerda representa uma profundidade de 0,3 metros enquanto o da direita a profundidade é de 1 metro. (Ashley, 1990)

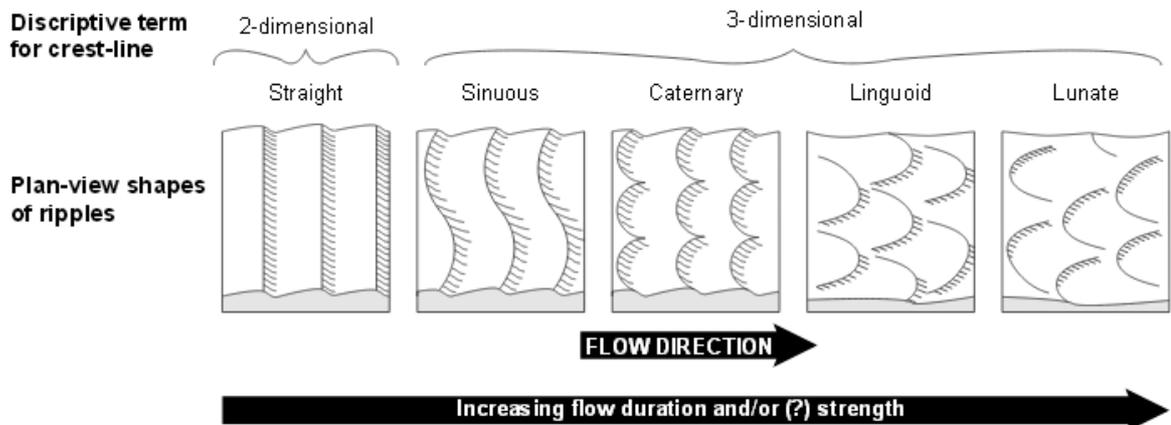


Figura 18: Descrição das formas de crista e os formatos em plano. (Ashley, 1990)

5.3 MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO (MDE) E HIPSOMETRIA

A utilização de modelos digitais de elevação (MDE) e hipsometria neste presente trabalho se baseiam na observação de resultados obtidos por Negrão (2014), utilizando destes recursos para melhor entender o contexto geomorfológico e estrutural da bacia de Volta Redonda. O MDE aqui utilizado foi gerado a partir do SRTM, disponível no site *Earth*

Explorer, disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, na base de dados *Digital Elevation*, dados esses publicados em 2014.

Utilizando o *software* ArcMap 10.2, é possível obter o MDE com o uso da função *Hillshade*. A função *Hillshade* possibilita a iluminação hipotética da superfície, onde se pode fixar diferentes posições para a fonte luminosa do *software*. Este recurso possibilita a identificação de descontinuidades no terreno, conforme explicado na figura 19.

Os ângulos de incidência aqui utilizados são os mesmos utilizados por Negrão (2014) para a Bacia de Volta Redonda, que adotou em seu trabalho dois azimutes de iluminação: 045° (para ressaltar elementos de direção NW-SE, E-W e N-S) e 315° (para ressaltar elementos de direção NE-SW, E-W e N-S); e um ângulo de elevação de iluminação de 045°. A utilização dos mesmos azimutes e do mesmo ângulo de iluminação se dá pelo fato das bacias de Resende e Volta Redonda estarem contidas em uma feição geológica regional, que salvo a particularidades, apresentam regionalmente o mesmo controle morfo-estrutural.

Cada azimute de iluminação gerou um MDE, portanto foram obtidos dois MDE. Vale ressaltar que pela área de estudo se encontrar no hemisfério sul, o fator Z utilizado é de 0,00000956. Para um melhor resultado visual utilizou-se a função convolução cúbica

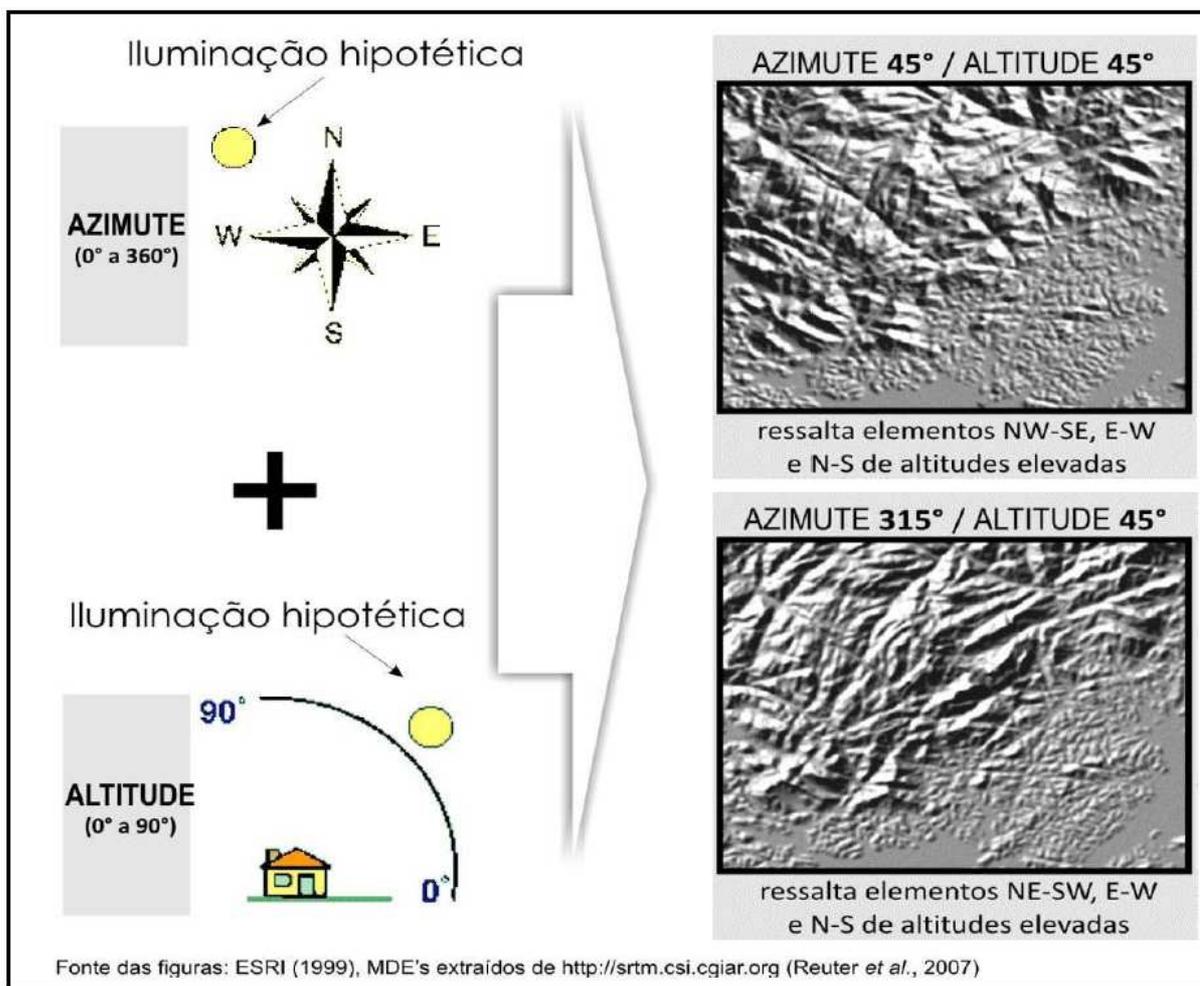


Figura 19: Imagem mostrando dois padrões de iluminação hipotética, azimutais e zenitais, empregados na geração dos MDE's. Esta ferramenta é utilizada com a finalidade de destacar as estruturas. (Ribeiro, 2010 apud Negrão, 2014)

A figura 20 exemplifica a diferença de padrões possíveis de serem observados a partir do *Hillshade* gerado neste presente trabalho, padrões morfológicos que contribuíram para a delimitação de contatos, junto com os dados obtidos em campo.

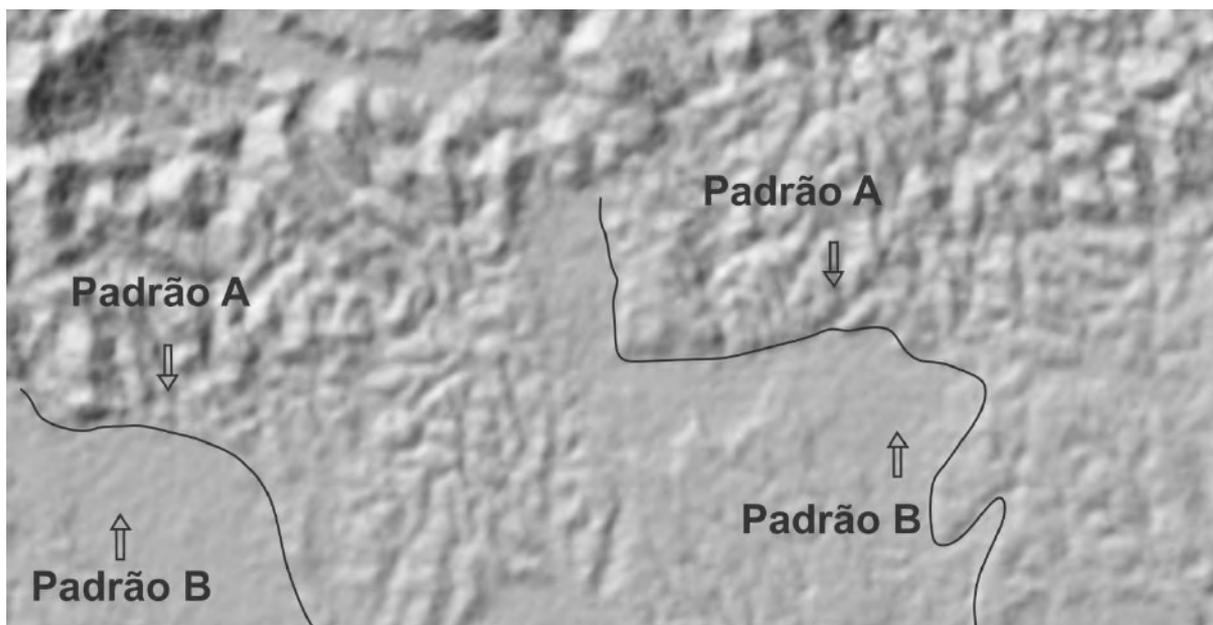


Figura 20: Imagem mostrando a diferença de padrões obtidos utilizando a função *Hillshade*. Nesta imagem é possível observar o padrão A com uma determinada rugosidade e o padrão B apresenta um aspecto mais liso e uniforme.

Já o mapa hipsométrico, gerado a partir do SRTM, permite a visualização complementar, em mapa, da organização espacial dos diferentes terrenos de acordo com suas classes altimétricas, como também das diferentes formas de relevo e seus *trends* morfoestruturais.

Para esta classificação, foi utilizado o *software* ArcMap 10.2 (ESRI, 2013), através da ferramenta de interpolação *Standard Deviations*, com um desvio padrão igual a 1, onde as classes altimétricas foram subdivididas e de acordo com suas classificações, ordenadas por padrões distintos de cores para a melhor visualização, seguindo o mesmo padrão proposto por Negrão (2014).

5.4 ETAPA DE CAMPO

A etapa de campo ocorreu no período de 14 dias, entre os meses de julho de 2015 até janeiro de 2016. Durante o mapeamento foi utilizado para a localização e para a plotagem de pontos no mapa, o GPS Garmin eTrex 10.

Durante o trabalho de campo foi realizada a descrição dos diferentes litotipos identificados, levando em consideração suas características distintivas, através do reconhecimento de distintas litofácies ou associação de litofácies, características de cada uma dessas unidades.

Vale ressaltar que o foco do trabalho não é de propor uma nova caracterização litofaciológica para as consagradas Formações e Membros já descritos por diversos autores, e que já tem ampla aceitação. As classificações e as respectivas associações litofaciológicas deste trabalho servem para se ter um parâmetro ao longo de todo o mapeamento do que é descrito e exposto. Obviamente, se forem observados possíveis diferenças em relação a outros autores, essas diferenças serão expostas.

RESULTADOS

6 DESCRIÇÃO E INTERPRETAÇÃO DAS LITOFÁCIES SEDIMENTARES

O trabalho de mapeamento geológico realizado, de descrição de afloramentos e confecção de perfis estratigráficos nas sucessões sedimentares paleógenas e neógenas expôs que essas sucessões podem ser definidas através de um grupo de 25 litofácies, sendo 11 delas rudíticas, 9 areníticas e 5 pelíticas. No quadro abaixo estão agrupadas todas as fácies deste trabalho, fácies estas que serão descritas e interpretadas a seguir.

Código	Diagnose	Descrição	Interpretação
Cmm	Cmm1 - Conglomerado maciço sustentado por matriz arenosa	Conglomerado polimítico com clastos angulosos a arredondados* de tamanho grânulo a matacão fino, maciço ou com imbricação incipiente, mal a moderadamente selecionado, cor acinzentada a amarelada, sustentado por matriz arenosa fina a grossa e arcabouço composto por rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatito, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos trativos unidirecionais de alta energia
	Cmm2 - Conglomerado maciço sustentado por matriz lamosa	Conglomerado polimítico com clastos angulosos a subarredondados* de tamanho grânulo a matacão muito grosso, maciço, mal selecionado, cor acinzentada a amarelada, sustentado por matriz lamosa ou areno-lamosa e arcabouço composto por rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos de detritos coesivos de alta competência
Ccm	Ccm1 - Conglomerado maciço sustentado por clastos subangulosos a angulosos	Conglomerado polimítico sustentado por clastos subangulosos a angulosos de tamanho grânulo a matacão fino, maciço, mal selecionado, cor acinzentada, com matriz arenosa média a muito grossa ou areno-lamosa e arcabouço composto por rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos de detritos não coesivos de baixa a média competência
	Ccm2 - Conglomerado maciço sustentado por clastos subarredondados a arredondados	Conglomerado polimítico sustentado por clastos subarredondados a arredondados de tamanho seixo médio a matacão médio, maciço, moderadamente selecionado, cor acinzentada, com matriz arenosa média a muito grossa e arcabouço composto por rochas alcalinas, além de fragmentos de quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos trativos unidirecionais de alta energia
Cg	Cg1 - Conglomerado gradado com fragmentos líticos	Granulos a seixos muito grossos de fragmentos líticos - milonitos, quartzo cataclasado e feldspato, com clastos subangulosos a subarredondados, com gradação normal, com matriz areno-lamosa.	Fluxos de detritos com diminuição de energia do fluxo
	Cg2 - Conglomerado gradado de composição polimítica	Conglomerado polimítico com clastos subangulosos a subarredondados de tamanho grânulo a matacão fino, gradado, moderadamente selecionado, cor acinzentada, sustentado por clastos ou por matriz areno-lamosa e arcabouço composto por rochas alcalinas e fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos trativos unidirecionais com desaceleração de corrente
Ci	Conglomerado com imbricação	Conglomerado clastosuportado subarredondado a arredondado de tamanho de seixo fino a calhau grosso, com imbricação, moderadamente selecionado, com matriz arenosa média a muito grossa e arcabouço composto por fragmentos de quartzo de veio e K-feldspato.	Correntes trativas unidirecionais de alta energia
Ch	Conglomerado com estratificação horizontal	Conglomerado polimíticos sustentado por clastos subangulosos a arredondados* de tamanho grânulo a seixo muito grosso, com estratificação horizontal mal a bem definida e granodecrescência ascendente ocasional, moderadamente a bem selecionado, cor acinzentada a avermelhada, com matriz arenosa fina a grossa e arcabouço composto por rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Superposição de lençóis cascalhosos através de correntes tracionais em regime de fluxo superior
Ca	Conglomerado com estratificação cruzada acanalada	Conglomerado polimítico sustentado por clastos subarredondados a arredondados de tamanho grânulo a seixo fino, com estratificação cruzada acanalada de médio porte e granodecrescência ascendente ocasional, bem selecionado, cor acinzentada, com matriz arenosa fina a média e arcabouço composto por rochas alcalinas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto com migração de barras cascalhosas transversais de crista sinuosa
Bcs	Brecha sustentada pelos clastos	Grânulos a matacão fino de fragmentos líticos angulosos, matriz de wacke fina	Fluxos de detritos pseudoplásticos
Bms	Brecha sustentada pela matriz	Grânulos a seixos grossos angulosos, polimítica, com matriz abundante de wacke fina	Fluxos de detritos coesivos
Am	Am1 - Arenito maciço	Arenito muito fino a muito grosso, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, maciço, moderadamente a bem selecionado, cor esbranquiçada a amarelada, com matriz lamosa e grãos feldspáticos e, em maioria, quartzosos	Fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto com modificações pós-deposicionais
	Am2 - Arenito médio a fino (vaque), maciço	Arenito médio a fino, lamoso, (vaque), com abundante quantidade de grânulos até seixos finos	Corridas de lama com elevada fluidez e alta competência
	Am3 - Arenito muito fino (vaque), maciço	Arenito muito fino, lamoso, (vaque), com grânulos e poucos seixos finos	Corridas de lama de baixa competência
Ag	Arenito gradado	Arenito médio a muito grosso, com grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, gradado, moderadamente a bem selecionado, cor esbranquiçada a amarelada, com matriz lamosa e grãos feldspáticos e, em maioria, quartzosos	Fluxos trativos unidirecionais com desaceleração de corrente
Ap	Arenito com estratificação cruzada planar	Arenito médio a muito grosso, podendo conter grânulos, com estratificação cruzada planar, moderadamente a bem selecionado, de cor branca a amarelada, com pouca ou nenhuma matriz lamosa e grãos em maioria de quartzo e ocasionalmente feldspato	Migração de dunas de crista reta (2D) em regime de fluxo inferior
Ah	Ah1 - Arenito com estratificação horizontal	Arenito fino a muito grosso, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, com estratificação horizontal bem definida, moderadamente a bem selecionado, cor esbranquiçada a amarelada, com matriz lamosa e grãos feldspáticos e, em maioria, quartzosos	Fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo superior originando formas de leito plano
	Ah2 - Arenito com laminação mal preservada	Arenito fino a muito fino com laminação mal preservada,	Agradação vertical de lençóis arenosos em regime de fluxo inferior
Aa	Arenito com estratificação cruzada acanalada	Arenito muito fino a grosso, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte, moderadamente a bem selecionado, cor esbranquiçada a amarelada, com matriz lamosa e grãos feldspáticos e, em maioria, quartzosos	Migração de dunas de crista sinuosa em regime de fluxo inferior
Al	Arenito com laminação cruzada	Arenito fino a médio, bem selecionado, com laminação cruzada e laminação cruzada calvante, cor esbranquiçada a amarelada.	Migração de <i>Ripples</i> em regime de fluxo inferior
Pm	Pelito maciço	Lamitos e siltitos maciços com cor avermelhada ou esverdeada a enegrecida	Decantação de carga suspensiva
Pr	Pelito com laminação cruzada	Silito, podendo conter areia muito fina, com laminação cruzada planar de cor amarelada a avermelhada	Migração de <i>Ripples</i> de crista reta
Pl	Pelito laminado	Silito maciço com cor preta a roxa	Correntes trativas de muito baixa energia com superposição de formas planas siltosas
Lm	Lamito mosqueado	Lamito altamente mosqueado, de coloração avermelhada a marrom clara, podendo conter alguns grânulos esparsos	Corridas de lama de baixa competência e bioturbação pós deposicional
LAm	Lamito arenoso maciço	Lamitos e siltitos que apresentam grãos de tamanhos variados desde areia muito fina até seixo fino, com clastos quartzosos e K-feldspáticos, maciço e cor amarelada a esverdeada	Corridas de lama

* A esfericidade dos clastos está relacionada às diferentes litologias, onde os litoclastos de rochas alcalinas tendem a ser arredondados, devido à esfoliação esferoidal, e os do embasamento cristalino e outros fragmentos tendem a ser angulosos.

6.1 LITOFÁCIES RUDÍTICAS

Foram reconhecidas onze fácies rudíticas, descritas de forma detalhada a seguir. A simbologia de fácies utilizadas aqui segue o padrão utilizado por Ramos (2003) e Ramos *et al* (2006).

6.1.1 Cmm1 (Conglomerado maciço sustentado por matriz arenosa) e Cmm2 (Conglomerado maciço sustentado por matriz lamosa)

a) Descrição

A fácies Cmm1 é abundante nos depósitos de leques aluviais do Membro Itatiaia e ocorre de forma escassa nos depósitos fluviais da Formação Floriano.

Na porção norte da bacia, esta litofácies é mais abundante, principalmente nas proximidades do maciço alcalino do Itatiaia. Caracteriza-se por conglomerados polimíticos maciços de matriz arenosa, com clastos angulosos a arredondados tamanho grânulo a matacão fino; composição alcalina (sienitos e traquitos/fonolito); podendo apresentar imbricação incipiente; mal a moderadamente selecionados e de cor acinzentada a amarelada. Ocorre na forma de corpos lenticulares estendidos com de 1 a 2 m de espessura. O bom arredondamento dos clastos alcalinos não resulta de transporte hidrodinâmico e, sim, devido ao intemperismo químico das rochas ígneas, que provoca a esfoliação esferoidal dessas litologias na área fonte, sob clima úmido.

Essa litofácies, quando ocorre em depósitos da Formação Floriano, se caracteriza por conglomerados polimíticos de arcabouço de tamanho grânulo a seixo grosso, com matriz arenosa, de coloração amarelada a avermelhada (Figura 21), ocorrendo em camadas em torno de 40-50 cm. A composição dos clastos é predominantemente de quartzo-de-veio, ocorrendo ainda fragmentos de pegmatito e de K-feldspato.



Figura 21: Fácies Cmm1 na Formação Floriano. Clastos de diferentes tamanhos envoltos em matriz areno-lamosa de cor avermelhada (lápiz = 20cm).

A fácies Cmm2 ocorre exclusivamente nos depósitos do Membro Itatiaia da Formação Resende. Constituem conglomerados maciços pobremente selecionados com arcabouço de tamanho grânulo a matacão muito grosso; sustentado por matriz lamosa ou areno-lamosa (areia muito fina a grossa); de composição polimítica (fragmentos de rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato); com clastos angulosos a subarredados (devido à esfoliação esferoidal das rochas alcalinas na área fonte); coloração acinzentada a amarelada; ocorrendo na forma de corpos tabulares com espessuras entre 50 cm a 1 m (Figura 22).



Figura 22: Fácies Cmm2 no aforamento a leste da Fazenda Boa Esperança. É possível observar a heterogeneidade dos clastos que compõe o arcabouço (martelo = 40cm).

b) Interpretação

A litofácies Cmm1 pode ser interpretada como depósitos originados por fluxos trativos unidirecionais fluidificados, onde quando ocorre nos depósitos do Membro Itatiaia pode ser explicada por fluxos associados a chuvas nos canais do leque aluvial unidirecional, e devido à espessura das camadas e seleção pobre do arcabouço considera-se esse como um fluxo de maior energia, talvez até turbulento,. Já na Formação Floriano, os fluxos trativos unidirecionais são associados a depósitos de rio meandrante, também em alta energia, mas com melhor seleção..

Já a fácies Cmm2 pode ser interpretada como um fluxo de detritos de alta competência que se desconfinam a jusante do ponto de origem do leque aluvial. (Blair & McPherson, 2009; Allen, 1970)

6.1.2 Ccm1 (Conglomerado maciço sustentado por clastos subangulosos a angulosos)

Ccm2 (Conglomerado maciço sustentado por clastos subarredondados a arredondados)

a) Descrição

A fácies Ccm1, exclusiva do Membro Itatiaia é caracterizada por conglomerados com arcabouço tamanho grânulo a matacão fino; com clastos subangulosos a angulosos de origem alcalina (sienitos e traquitos/fonolitos), gnáissica, bem como fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato; matriz é areno-lamosa ou estritamente arenosa (média a muito grossa); coloração acinzentada na maioria dos depósitos, podendo ocasionalmente apresentar coloração amarelada (Figura 23), ocorrendo na forma de camadas tabulares de espessura métrica.



Figura 23 - Fácies Ccm1, na Fazenda Boa Esperança, onde é possível observar a diferença de composição dos clastos.

A fácies Ccm2, exclusiva do Membro Itatiaia caracteriza-se por conglomerados maciços sustentados por clastos de origem alcalina e de fragmentos de quartzo de veio e K-feldspato; tamanho seixo médio a matacão médio; subarredondados a arredondados; moderadamente selecionados; com matriz arenosa média a muito grossa; de cor acinzentada; em camadas lenticulares estendidas de até 2 m de espessura.

b) Interpretação

A fácies Ccm1 pode ser interpretada como gerada através de fluxos-de-detritos não coesivos de baixa a média competência, desconfinados, onde a matriz lamosa possibilita a suspensão dos clastos. (Blair & McPherson, 2009)

Já a fácies Ccm2 pode ser interpretada como depósitos originados a partir de fluxos trativos unidirecionais de alta energia associados a fluxos fluidificados. (Allen, 1970)

6.1.3 Cg1 (Conglomerado gradado com fragmentos líticos) e Cg2 (Conglomerado gradado de composição polimítica)

a) Descrição

A litofácies Cg1 ocorre unicamente na porção norte da bacia, no depósito denominado por Ramos (2003) como “leque de Penedo”, pertencente às fácies proximais da Formação Resende. Neste afloramento são observados corpos lenticulares sustentados pela matriz, de 1 a 2 m de espessura de conglomerados com matriz areno-lamosa e com clastos subangulosos a subarredondados de granulometria de grânulo a seixo muito grosso, compostos por litoclastos de milonitos, gnaisses cataclasados e raros traquitos-fonolitos, bem como quartzo e feldspato, sendo possível observar gradação normal.

A fácies Cg2 é restrita a porção noroeste da área mapeada, associada a depósitos do Membro Itatiaia e descrita como conglomerado polimítico com clastos subangulosos a subarredondados de tamanho grânulo a matação fino, gradado, com matriz areno-lamosa, moderadamente selecionado. Em alguns afloramentos é possível observar uma alternância entre camadas sustentada pelos clastos e sustentadas pela matriz, de cor acinzentada, com arcabouço composto por rochas alcalinas e fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato.

b) Interpretação

A fácies Cg1 pode ser explicada como depósitos de fluxos de detritos, que ao serem desconfinados ao longo de um canal distributário, sofreram diminuição de energia do fluxo. Vale ressaltar que a angulosidade é um indicativo de pouco retrabalhamento dos clastos, indicando proximidade à área fonte. (Blair & McPherson, 2009)

A fácies Cg2 por apresentar um melhor retrabalhamento do arcabouço sugere uma desaceleração de corrente em um fluxo trativo unidirecional, onde a desaceleração da corrente influência diretamente no arranjo de camadas granodecrescentes. (Allen, 1970)

6.1.4 Ci (Conglomerado com imbricação), Ch (Conglomerado com estratificação horizontal) e Ca (Conglomerado com estratificação cruzada acanalada)

a) Descrição

Estas fácies estão agrupadas neste tópico por apresentarem indicadores direcionais, cada uma com sua peculiaridade. A fácies Ci ocorre unicamente em depósitos da Formação Floriano O melhor afloramento para a visualização desta fácies é um corte de estrada ao longo da rodovia RJ-161, onde é possível a observação de camadas de cor marrom, com espessura entre 50 e 80 cm, raramente alcançando 1 m, conforme observado na figura 24. Essas camadas de conglomerados sustentadas pelos clastos, de arcabouço de tamanho seixo fino até calhau grosso e compostas essencialmente por fragmentos de quartzo de veio e, subordinadamente, por K-feldspato, apresentam seleção moderada e matriz arenosa (média a muito grossa), onde se podem obter medidas de paleocorrente por meio da imbricação dos clastos. A média das medidas obtidas mostram paleocorrente para NE.

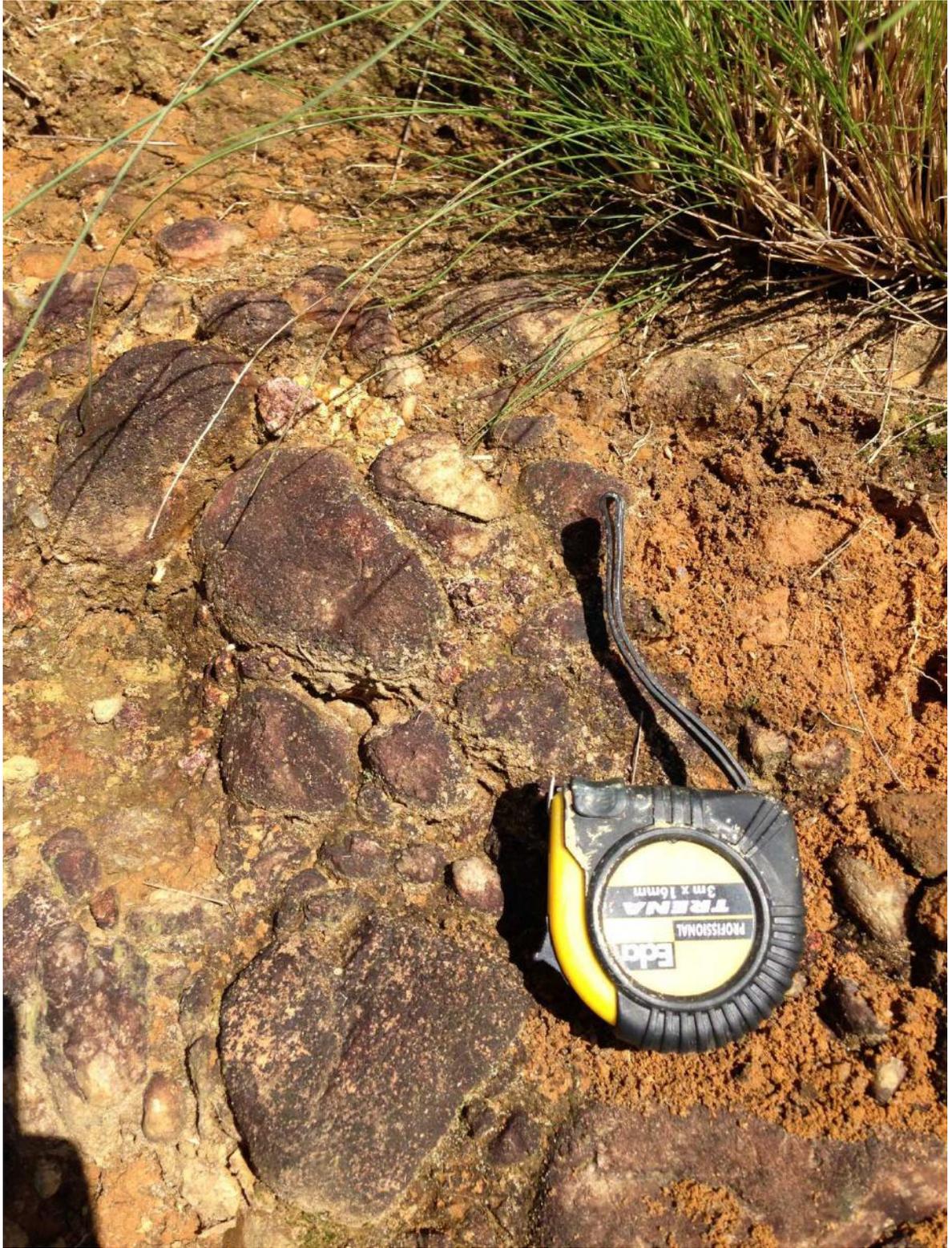


Figura 24 - Fácies Ci, em depósito da Fm. Floriano, onde é possível observar a diferença do tamanho dos clastos (trena = 10 cm).

A fácies Ch pode ser observada tanto nos depósitos da Formação Resende strictu sensu e do Membro Itatiaia, como na Formação Floriano. Esta fácies é constituída por conglomerados sustentados pelos clastos subangulosos a arredondados de tamanho grânulo a seixo muito grosso, composição polimítica e matriz arenosa fina a grossa. A estratificação horizontal é melhor definida nos depósitos da Formação Resende, onde a coloração das camadas geralmente é amarelada. A composição dos clastos varia de acordo com a área fonte, com maior presença de fragmentos de rochas alcalinas próxima ao maciço do Itatiaia e fragmentos gnáissicos subordinados e fragmentos de quartzo de veio ocorrendo de forma expressiva nos depósitos da Fm. Resende, com clastos de K-feldspato ocorrendo de maneira menos expressiva. Os sets das estratificações geralmente têm entre 5 a 10 cm espessura. (Figura 25)

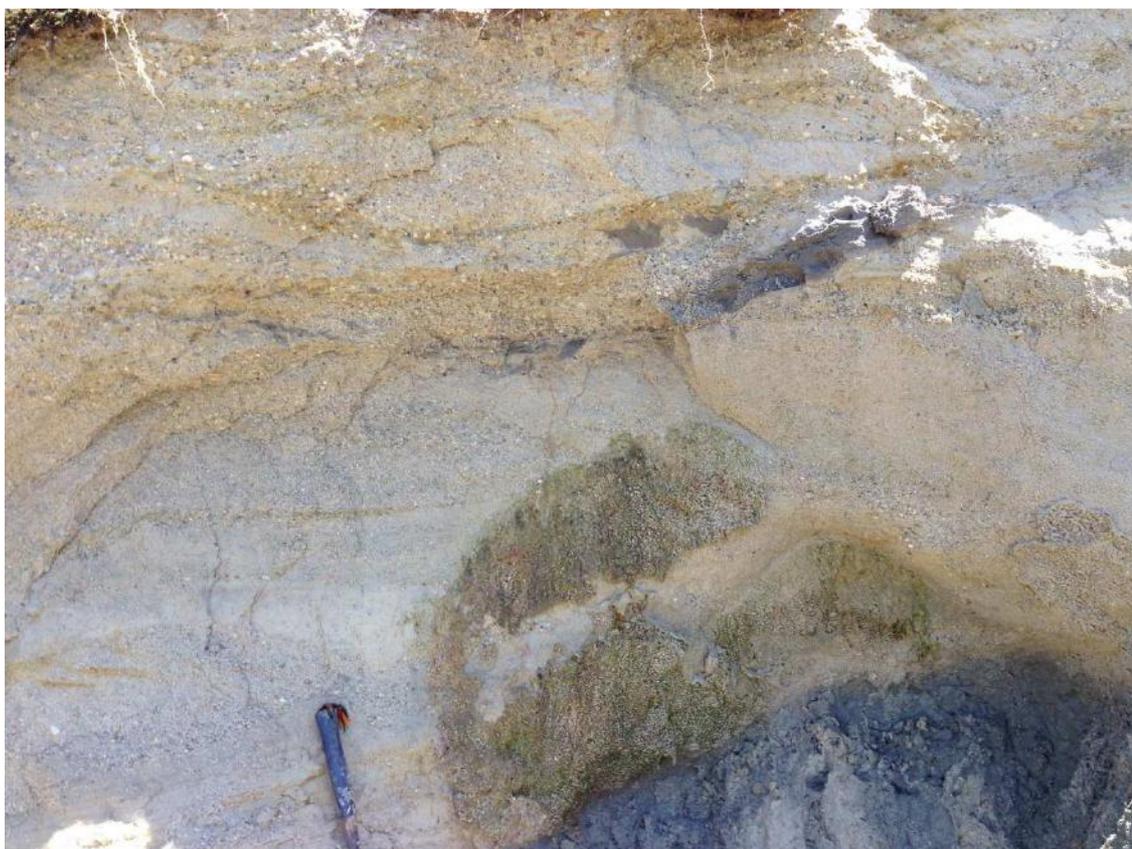


Figura 25: Afloramento da Fm. Resende ss. Fácies Ch no topo do afloramento, onde também é possível observar a fácies Ca. Martelo como escala

Já a fácies Ca ocorre nos depósitos do Membro Itatiaia e nos depósitos da Formação Resende ss, onde pode ser observada em cortes no km 308 da Via Dutra, após a AMAN, conforme a figura 26. Os conglomerados são compostos por clastos subarredondados a arredondados, bem selecionados, de tamanho grânulo a seixo fino, de composição polimítica e

matriz arenítica fina a média. Apresentam estratificação cruzada acanalada de médio porte e, ocasionalmente, pode se observar granodecrescência ascendente. Apresentam superfície de erosão na base, ocorrendo níveis de seixos e ocasionalmente intraclastos de pelitos. Quando associados ao Membro Itatiaia, o arcabouço é composto majoritariamente de clastos de rochas alcalinas, com maior quantidade de seixo fino, e as camadas apresentam cor acinzentada. Nos depósitos da Formação Resende *ss*, entretanto, esses ruditos são caracterizados por arcabouço constituído de fragmentos de quartzo de veio, K-feldspato e fragmentos de gnaise, apresentando coloração normalmente amarelada.



Figura 26 - Fácies Ca em cortes no km 308 da Via Dutra. Os *sets* da estratificação são gerados a partir da diferença granulométrica. Trena como escala

b) Interpretação

As fácies Ci e Ch estão relacionadas a fluxos trativos unidirecionais de alta energia, enquanto a fácies Ca tem sua gênese associada a fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior. (Reineck & Singh, 1980; Ashley, 1990)

A fácies Ci ocorre pela migração de cascalhos em fluxos aquosos de alta energia que não preservam estratificação, de maneira que só alinham os clastos por transporte através da tração entre o leito e o grão, segundo a direção do fluxo. (Leeder 1979 apud Boggs 2006) Já a fácies Ch apesar de ocorrer em ambiente de alta energia, é gerada a partir da superposição de lençóis cascalhosos através de correntes tracionais em regime subaquoso.

A fácies Ca tem sua origem em regime de fluxo inferior alto (velocidade do fluxo variando de 0.6 a 0.8m/s) com migração de barras cascalhosas transversais de crista sinuosa, gerando feições estratificadas de forma acanalada em perfil. (Boogs, 2006)

6.1.5 Bcs (Brecha sustentada pelos clastos) e Bms (Brecha sustentada pela matriz)

a) Descrição

Estas duas fácies são restritas aos afloramentos denominados por Ramos (2003) como “Leque de Penedo”. Vale ressaltar que os termos utilizados por Ramos (2003), como fanglomerado e cenoglomerado, caíram em desuso e não foram utilizados para a descrição destas duas fácies. As fácies Bcs e Bms ocorrem em camadas lenticulares interdigitadas, de espessuras que variam de 40 cm a 2 m. A fácies Bcs tem como característica grânulos a matação fino de fragmentos líticos (gnaisse milonitizado) angulosos, com presença de matriz areno-lamosa de cor esverdeada (vaque fina), de forma que a brecha é suportada pelos clasto, com rara gradação inversa, conforme visto na figura 27.



Figura 27: Matacão de gnáisse milonitizado, facilmente visualizado nos depósitos da fácies Bcs. Afloramento em corte de estrada que liga Penedo a Visconde de Mauá

Já a fácies Bms tem por fator diagnóstico grânulos a seixos grossos angulosos dispersos em abundante matriz areno-lamosa (vaque fina), sendo os clastos sustentados pela matriz. Essas fácies têm pequena representação na bacia por estarem relacionadas aos depósitos de borda de falha.

b) Interpretação

Ambas as fácies apesar de serem interpretadas como fluxos de detritos se diferenciam pelo tipo de fluxo. A fácies Bcs é interpretada como geradas através de fluxos de detritos pseudoplásticos, aonde a o peso sedimentar excede 80% da massa total (sedimento + água), (Silva *et al*, 2008). A alta velocidade de dispersão pode em alguns casos gerar gradação inversa. A interpretação de fluxos de detritos coesivos para a fácies Bms se dá pela proporção de matriz presente. Segundo Silva *et al*. (2008), fluxos de detritos com

porcentagem de granulometria fina maior que 10% são caracterizados como coesivos e são gerados com um comportamento plástico e movimento interno laminar.

6.2 LITOFÁCIES ARENÍTICAS

Foram reconhecidas nove fácies areníticas, descritas de forma detalhada a seguir. A simbologia de fácies utilizadas aqui segue o padrão utilizado por Ramos (2003) e Ramos *et al* (2006).

6.2.1 Am1 (Arenito maciço), Am2 (Arenito médio a fino (vaque), maciço), Am3 (Arenito muito fino (vaque), maciço)

a) Descrição

Apresentam composição polimítica, variando de muito fino a muito grosso, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, maciço, com pouca ou nenhuma matriz, moderadamente a bem selecionado. Ocorre em camadas tabulares com 40 a 60 cm de espessura. Em relação à cor, há uma variação de acordo com a Formação/Membro em que ocorre.

Na Fm. Floriano tendem a apresentar uma coloração amarelada a avermelhada; na Fm. Resende apresenta coloração esverdeada a acizentada; no Membro Itatiaia apresenta cor esbranquiçada. A matriz, quando ocorre, é lamosa e a composição dos grãos também difere de acordo com a relação Formação/Membro.

Nas formações Floriano e Resende os grãos de areia são predominantemente quartzosos e, subordinadamente, feldspáticos e líticos. No Membro Itatiaia a influência do maciço alcalino é observada nos grãos de areia e também nos grânulos e seixos que estão associados a esta fácies. Em alguns afloramentos notou-se algum tipo de modificação pós-deposicional. (Figura 28)



Figura 28: Fácies Am1 na Fm. Resende. É possível observar a abundância de grânulos nesta camada. Martelo como escala

A fácies Am1 é a fácies com maior abrangência nos depósitos pleistocênicos mapeados e descritos, ocorrendo em todas as formações e membros descritos. Caracteriza-se arenito médio a muito grosso, moderadamente a bem selecionado, maciço sustentado pela matriz e sem estrutura aparente.

Já a fácies Am2 e Am3 estão associadas unicamente a Fm. Resende, na borda norte da bacia, nos afloramentos ao longo da rodovia RJ – 163, na altura de Penedo. Estas duas fácies ocorrem em camadas lenticulares com espessura variando entre 20 cm até 1 metro. A fácies Am2 é aqui descrita como vaque devido à quantidade de matriz lamosa (>15%) (Laya & Tucker, 2012). O arcabouço é caracterizado por granulometria de areia média a fina, de composição de fragmentos líticos, ocorrendo também abundante quantidade de grânulos até seixos finos, conforme visto na figura 29, abaixo.



Figura 29: Fácies Am2 com maior quantidade de grânulos. Afloramento ao lado do portal de informações turísticas na entrada de Penedo.

A fácies Am3, apesar de também ser descrita como vaque, se diferencia da fácies Am2 devido ao tamanho do arcabouço, que nesta fácies é individualizada por areia muito fina. A matriz é lamosa. A quantidade de grânulos e seixos finos também é muito menor quando comparada a fácies Am2. A figura 30 representa esta fácies.



Figura 30: Fácies Am3, com menor quantidade de grânulos e seixos. Afloramento ao lado do portal de informações turísticas na entrada de Penedo. (Caderneta = 20cm)

b) Interpretação

Os arenitos maciços da fácies Am1 são aqui interpretados como arenitos depositados em regime de fluxo de condição inferior a transicional, em ambientes de fluxo trativo com uma única direção (Ashley, 1990). Estes depósitos não apresentam indicativos direcionais devido a modificações pós-deposicionais. Ramos (2003) também descreve a fácies Am1 e relaciona a falta de estruturas planares e lineares devido a liquefação sedimentar que se encontrava úmido, ou por bioturbação ou por processos diagenéticos, pós deposicionais.

As fácies Am2 e Am3 estão relacionadas a corridas de lama, sendo a fácies Am2 associada a corridas com elevada fluidez e alta competência e a fácies Am3 a corridas de baixa competência. (Laya & Tucker, 2012; Ashley, 1990).

6.2.2 Ag (Arenito gradado) e Ap (Arenito com estratificação cruzada planar)

a) Descrição

A litofácies Ag ocorre de forma escassa nas sucessões fluviais da Fm. Resende, como também nos depósitos de leques relacionados ao maciço alcalino do Itatiaia. (Figura 31).

Esta fácies ocorrem em camadas tabulares de 50 cm até 1 metro, apresentando gradação normal, com arenitos muito grossos e alguns grânulos e seixos finos subordinados, na base, que gradam até arenitos médios a finos, no topo. A matriz é lamosa. Geralmente estas camadas apresentam coloração amarelada a esbranquiçada, é influenciada pela cor das rochas fonte.



Figura 31: A linha vermelha indica a fácies Ag, nos depósitos da Fm. Resende. Ponto em afloramento na via Dutra, km 308.

A fácies Ap ocorre unicamente nos depósitos fluviais paleogênicos reconhecidos na bacia. São arenitos médios a muito grossos ocasionalmente grânulos, moderadamente a bem selecionados, ocorrendo em camadas tabulares que não chegam a mais de 60 cm de espessura. A estratificação planar é de fácil identificação, sendo evidenciada pela diferença granulométrica.

b) Interpretação

A origem de camadas gradadas está associada a fluxos trativos unidirecionais com desaceleração de corrente, podendo ocorrer em leitos de rios e em depósitos de leques aluviais. Nos rios a diminuição da aceleração da corrente pode estar relacionada ao aporte sedimentar ou com a diminuição da carga hidráulica. Nos leques, a diminuição de corrente deve-se a diminuição da energia ao longo do caminho em que o fluxo percorre. (Blair & McPherson, 2009; Ashley, 1990)

A litofácies Ap tem sua origem vinculada ao desenvolvimento na migração de dunas de crista reta bidimensionais em sistemas fluviais sob regime de fluxo inferior (Ashley, 1990).

6.2.3 Ah1 (Arenito com estratificação horizontal), Ah2 (Arenito com laminação mal preservada), Aa (Arenito com estratificação cruzada acanalada) e Al (Arenito com laminação cruzada)

a) Descrição

As litofácies Ah1 e Ah2 são divididas seguindo o mesmo padrão proposto por Ramos (2003) e Ramos *et al.*(2006).

Caracteriza-se por arenitos finos a muito grossos, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, com estratificação horizontal bem definida, moderadamente a bem selecionado. Ocorrem em camadas de 50cm a 1 metro. A coloração é esbranquiçada a amarelada, com rara matriz lamosa. O arcabouço constitui-se predominantemente por quartzo e, subordinadamente, por feldspato

Os depósitos característicos da litofácies Ah2 são melhores observados na Fm. Resende, mas também ocorrem na Fm. Floriano. Caracterizam-se por arenitos muito finos a finos com

laminação mal preservada, ocorrendo em camadas tabulares que não ultrapassam mais de 50 cm de espessura (Figura 32):

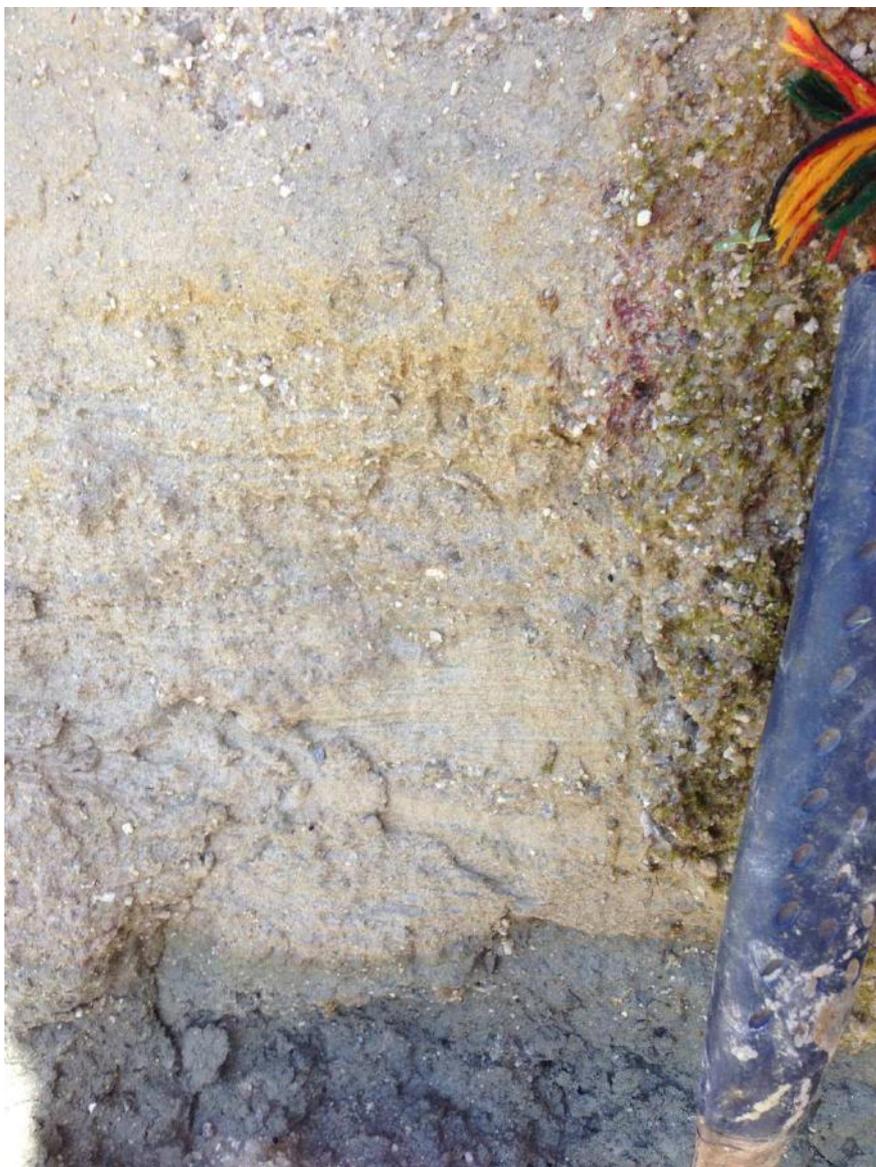


Figura 32: Litofácies Ah2, em depósitos da Fm. Resende ss, podendo ser facilmente confundida com a fácies Am1. Ponto localizado na RJ-161, sentido São Paulo, próximo a Votorantim Siderurgia.

A fácies Aa é representada por arenitos com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte, constituído por grãos de tamanho muito fino a grosso, podendo ocorrer grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato. Escassa matriz é observada, sendo produto da alteração dos grãos de feldspatos. A fácies apresenta coloração variando de cinza claro a amarelo claro. . Camadas constituídas por esta fácies apresentam contatos tangenciais na base, sendo constituídas por *sets* de estruturas acanaladas de até 60 cm de espessura (Figura 33).



Figura 33: Lito fácies Ah1 e Lito fácies Aa. Essas lito fácies quase sempre são notadas ao longo de perfis com mais de 3 metros nas sucessões areníticas da Formação Resende ss e Floriano. Ponto localizado na via Dutra, km 308.

A lito fácies Al é observada nos depósitos fluviais paleogênicos e neogênicos da bacia de Resende e ocorrem em camadas com até 40 cm de espessura. Caracteriza-se por arenitos finos a médios, bem selecionadas, com laminação cruzada e laminação cruzada calvagante.

b) Interpretação

A fácies Ah1 é interpretada como depósitos gerados a partir de fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo superior relacionadas a formas de leito plano. A fácies Ah2 é interpretada como agradação de lençóis arenosos, que em regime de fluxo inferior se sobrepõe verticalmente ao longo da migração do fluxo. (Allen, 1970; Ashley, 1990)

A fácies Aa é gerada a partir de migração de dunas de crista sinuosa em regime de fluxo inferior em ambientes fluviais e a fácies Al é interpretada como migração de *ripples* de crista reta em regime de fluxo inferior. (Silva *et al*, 2008; Ashley, 1990)

6.3 LITOFÁCIES PELÍTICAS

Foram reconhecidas cinco fácies pelíticas, descritas de forma detalhada a seguir. A simbologia de fácies utilizadas aqui segue o padrão utilizado por Ramos (2003) e Ramos *et al* (2006).

6.3.1 Pm (Pelito maciço), Pr (Pelito com laminação cruzada) e Pl (Pelito Laminado)

a) Descrição

A litofácies Pm tem ampla distribuição, abrangendo todas as unidades mapeadas. São caracterizados por lamitos e siltitos maciços de diferentes colorações. Nos depósitos da Formação Resende é possível observar camadas entre 60 cm a 1 metro de espessura e de coloração esverdeada a preta (Figura 34). Nos depósitos do Membro Itatiaia as camadas lenticulares são menores, não ultrapassam 50 cm de espessura e geralmente são de cor preta. Os pelitos da Formação Floriano apresentam coloração avermelhada característica.



Figura 34: Corte de estrada na Via Dutra Km 308. Fácies Pm , com coloração escura, característica dos depósitos da Fm. Resende. Nota-se que o topo sempre se encontra erodido por arenitos e ou conglomerados.

A fácies Pr ocorre de forma escassa nos depósitos fluviais Formação Resende, em camadas lenticulares de siltitos que não ultrapassam os 40 cm de espessura, podendo ocasionalmente conter areia muito fina, com laminação cruzada planar.

A fácies Pl é restrita aos depósitos fluviais, consistindo em camadas lenticulares de espessura decimétricas de siltitos maciços de cor preta a roxa, ocasionalmente laminados (Figura 35).



Figura 35: Fácies Pl na Formação Floriano, apresentando coloração amarelada a roxa. Ponto localizado no campo de instrução da AMAN.

b) Interpretação

A deposição da fácies Pm é relacionada a processo de decantação da carga suspensiva, gerando sedimentos maciços siltico-argilosos. A litofácies Pr é gerada através de migração de *ripples* de crista reta em fluxo de baixa energia, capaz de transportar partículas menores que a fração areia fina. Os depósitos laminados da fácies Pl são interpretados como produtos de processos de correntes trativas de muito baixa energia, gerando formas planas

6.3.2 Lm (Lamito mosqueado) e LAm (Lamito arenoso maciço)

a) Descrição

A litofácies Lm é restrita a borda norte da bacia, especificamente ao “leque de Penedo” (Ramos, 2003), estando frequentemente associada às fácies Bcs, Bms e Cg1, Am2 e Am3. Os

depósitos desta litofácies consistem em lamitos intensamente mosqueados, de coloração avermelhada a marrom clara, podendo conter alguns grânulos esparsos.

A litofácies LAm também está restrita a borda norte da bacia, mas diferente da fácies Lm, associa-se aos depósitos de leque do Mb. Itatiaia. Esta fácies é caracterizada por lamitos e siltitos que apresentam grãos variando entre areia muito fina a seixo fino, com clastos quartzosos e feldspáticos, com estrutura maciça e cor amarelada a esverdeada (Figura 36)



Figura 36: Fácies LAm em depósitos do Membro Itaitiaia. Ponto localizado em afloramento na estrada que dá acesso a Fábrica de Doces.

b) Interpretação

As duas fácies descritas, Lm e LAm são originadas por corridas de lama de baixa competência. Entretanto, a fácies Lm apresenta alterações pós deposicional.

7 ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES

As 25 litofácies sedimentares descritas acima foram agrupadas em cinco associações, que serão descritas a seguir:

7.1 Associação de fácies 1 (leque aluvial dominado por fluxos gravitacionais)

Esta associação de fácies ocorre exclusivamente na borda norte da bacia, na porção central da área de mapeamento, em afloramentos de corte de estrada ao longo da rodovia RJ-163, em direção a Visconde de Mauá. Denominado por Ramos (2003), como “leque de Penedo”, estes depósitos não apresentam grande extensão, não ultrapassando 1,5km de extensão e estão relacionados à Formação Resende.

Estes depósitos são constituídos pela associação das litofácies Cg1, Bcs, Bms, Am2, Am3 e Lm. A distribuição espacial deste leque é muito pequena, onde a zona de falha WSW-ENE tem grande influencia na gênese do processo de sedimentação o que é mostrado abaixo na figura 37.

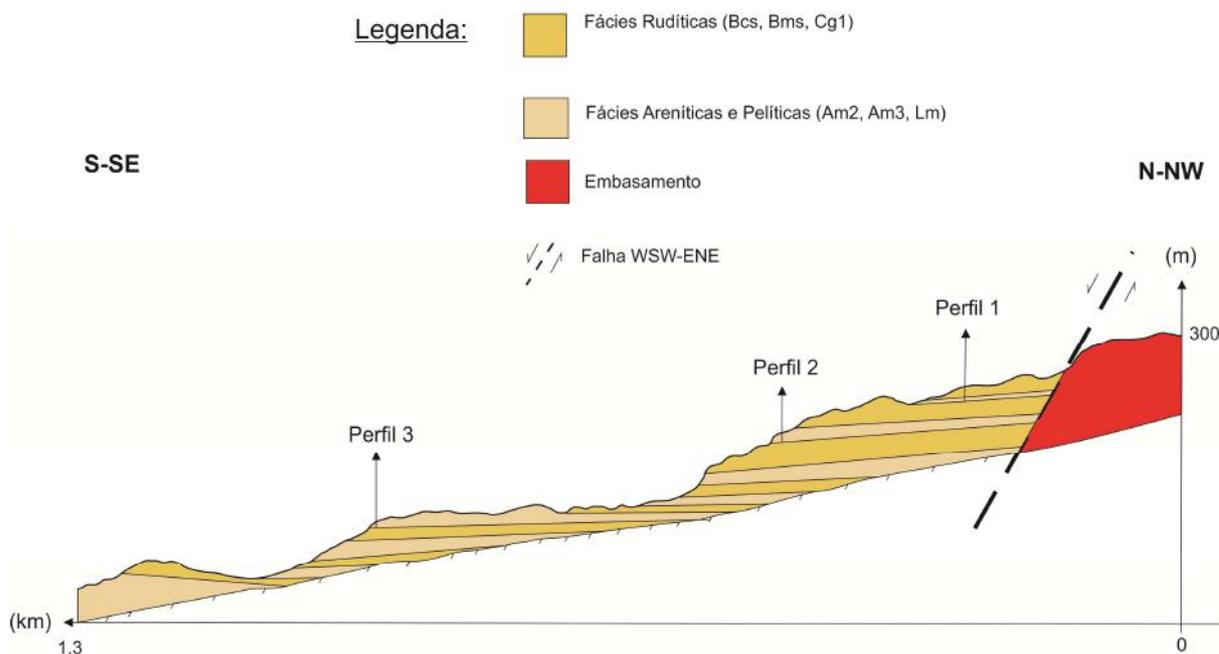


Figura 37: Seção NNW-SSE mostrando a interdigitação das fácies que compõem a associação de fácies 1. Nesta seção também estão marcados os perfis mostrados na figura 39.

Conforme a seção exposta acima é possível observar que as fácies Bcs, Bms e Cg1 ocorrem em camadas lenticulares e apresentam maior espessura perto da borda da falha. Essas camadas se interdigitam com camadas decimétricas a métricas de arenitos lamosos e lamitos, representados pelas fácies Am2, Am3 e Lm.

A distribuição das fácies tem íntima relação com a falha. As fácies rudíticas são mais expressivas quando mais próximo da zona de falha. As fácies areníticas e pelíticas predominam nas regiões distais. A ausência de fácies que tem sua gênese relacionada a processos trativos indica que os depósitos desta associação foram gerados em sua maioria por fluxos gravitacionais.

A seção exposta se assemelha ao modelo abaixo, representado na figura 38 de Rust & Koster (1984), onde os autores mostram que a partir de uma zona de falha, as fácies rudáceas tem maior expressão junto a borda de falha, e conforme há a migração do fluxo, as fácies de granulometria menor são mais expressivas.

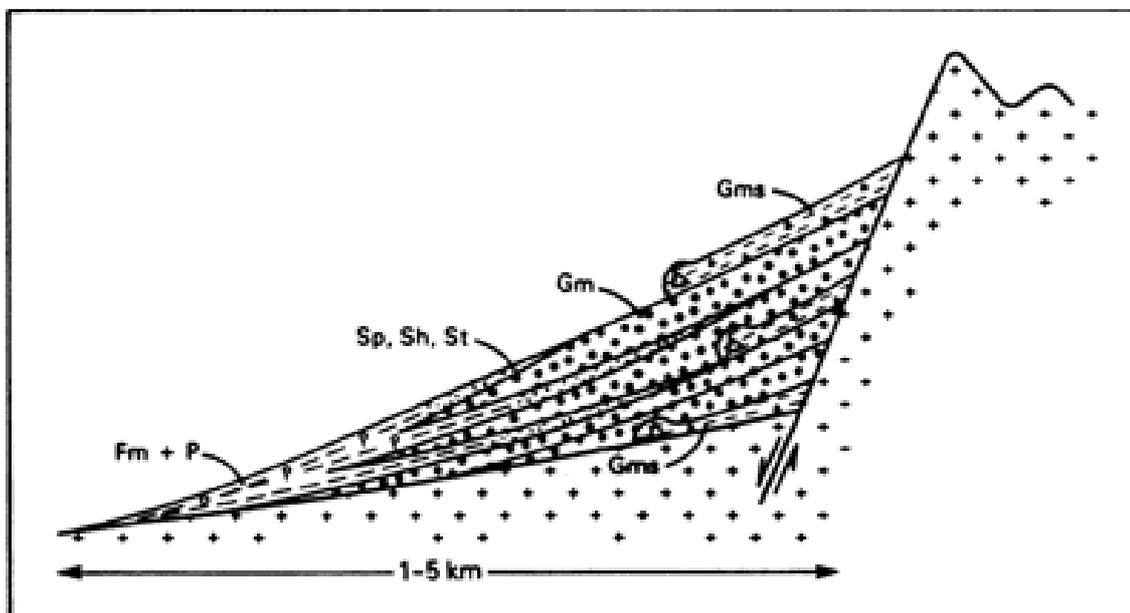


Figura 38: Modelo proposto por Rust & Koster (1984) de leque aluvial associado a borda de falha. Nota-se a interdigitação dos estratos e quando mais longe da área fonte o predomínio de sedimentos arenosos e pelíticos (fácies Sp,Sh,St e Fm), ao contrário das fácies rudíticas (fácies Gm e Gms).

Vale ressaltar que a intercalação de camadas representa um episódio distinto de fluxo gravitacional que não foi canalizado (*debris flow*), onde a fácies Bcs e Bms estariam associadas a episódios de alta energia e depósitos com fragmentos de gnáisses milonitizados, silicificados ou não, subangulosos de tamanho desde seixo a matacão, ora sustentados por clastos ora sustentados pela matriz. (Blair & McPherson, 2009)

As fácies areníticas (vaques) e a fácies pelítica indicam um predomínio de corridas de lama (*mud flow*) ao longo do canal do leque, podendo ser interpretadas como fruto do

retrabalhamento da matriz das fácies rudíticas, alternância da descarga sedimentar ou um período em que a borda de falha não estaria ativa. Os perfis mostrados na figura 39, abaixo ilustram, junto à seção geológica, os depósitos que compõe esta associação de fácies.

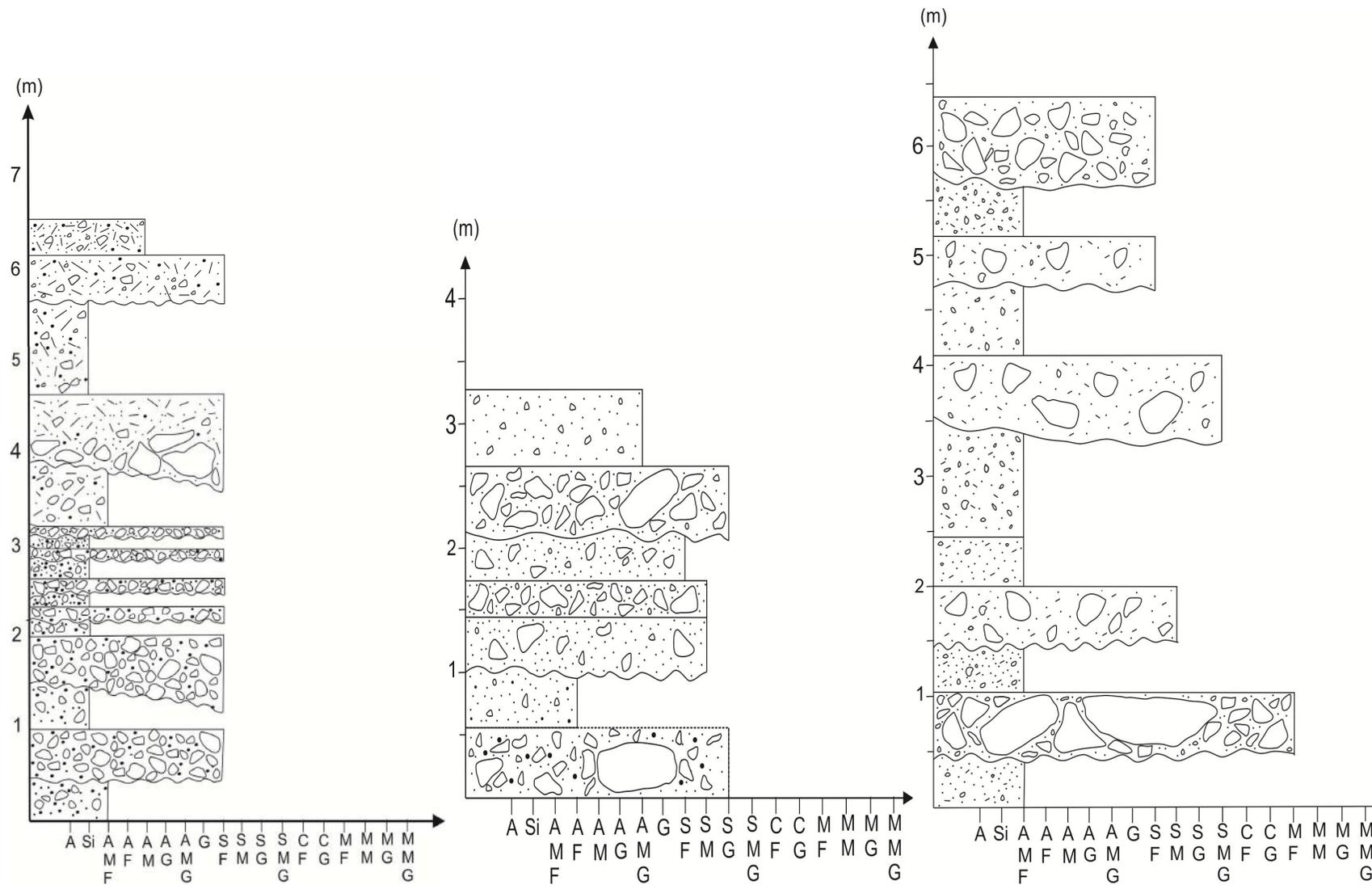


Figura 39: : Perfis 1, 2 e 3, gerados nos afloramentos em cortes de estradas ao longo da RJ-163, após o portal de informações turísticas de Penedo. Da esquerda para a direita, correspondendo a numeração da seção geológica da Figura 38. É notável que as fácies are e lamíticas têm maior expressão no perfil 3, mais distante da falha..

7.2 Associação de fácies 2 (leque aluvial dominado fluxos hidrodinâmicos– Porção Proximal)

As fácies que constituem esta associação de fácies são: Cmm1, Cmm2, Ccm1, Ccm2, Cg2, Ch, Ca, Am1, Ag, Pm e LAm e representam os depósitos do Membro Itatiaia, proposto por Ramos (2003) e Ramos *et al.*(2006). Neste presente trabalho, o Membro Itatiaia é dividido em duas unidades mapeáveis, sendo uma unidade Proximal e outra Mediana a Distal, que serão detalhadas mais a frente.

Esta associação de fácies está intimamente relacionada aos depósitos de leques aluviais ao sul do maciço alcalino de Itatiaia, sendo o conjunto de rochas alcalinas a principal área fonte desses detritos, além do embasamento proterozóico da bacia, com menor frequência. Os depósitos, que podem ser exemplificados pelos perfis da figura 42, além de afloramentos, conforme figura 41, são caracterizados por ciclos deposicionais de lamitos arenosos, pelitos maciços e arenitos maciços sobrepostos por conglomerados sustentados pelos clastos ou pela matriz, erodindo as camadas basais de granulometria mais fina.

Observa-se, que da base para o topo, há uma diminuição das camadas de granulometria mais fina. A espessura das camadas são menores e também ocorrem em menor frequência. As fácies rudíticas têm maior representatividade nestes depósitos, ocorrendo geralmente em camadas tabulares que variam de 50 cm a até 2 m de espessura. Os perfis em sua base apresentam intercalações de camadas decamétricas a métricas das fácies Pm e LAm, sobrepostos por arenitos maciços que não apresentam mais que 50 cm de espessura. As fácies rudíticas sobrepõem às sucessões mais finas, mostrando um padrão grano-ascendente da base para o topo, além de um padrão *thickening up*.

Diante da clara proporção de fácies rudíticas, mostradas nos perfis, também evidenciadas pelas porcentagens de fácies e por diversos afloramentos observados ao longo do trabalho de mapeamento, foram distinguidas duas associações de fácies, a associação de fácies aqui exposta e a Associação de fácies 3, descrita mais a frente.

Esta divisão, diferentemente do proposto por Ramos (2003) e Ramos *et al* (2006), onde os autores englobam em uma fácies todos os depósitos de leques aluviais, independente do área fonte e da relação de distância dos depósitos, é aqui proposta por se entender que os

depósitos aluviais de origem alcalina têm além da composição mineralógica como aspecto diagnóstico diferencial, maior representatividade ao longo da bacia.

Sobre a relação de proximidade dos depósitos, é aqui exposta a figura 40, de Spearing (1974), mostrando o arranjo deposicional esquemático de um leque aluvial. O ponto de interseção (*intersection point*) divide o leque aluvial em depósitos que são próximos a área fonte, onde predominam fácies rudáceas, e depósitos típicos relacionados a porção mediana e distal da área fonte, onde ruditos ainda ocorrem, mas há o predomínio de arenitos e lamitos podendo ocorrer retrabalhamento por corrente e/ou vento.

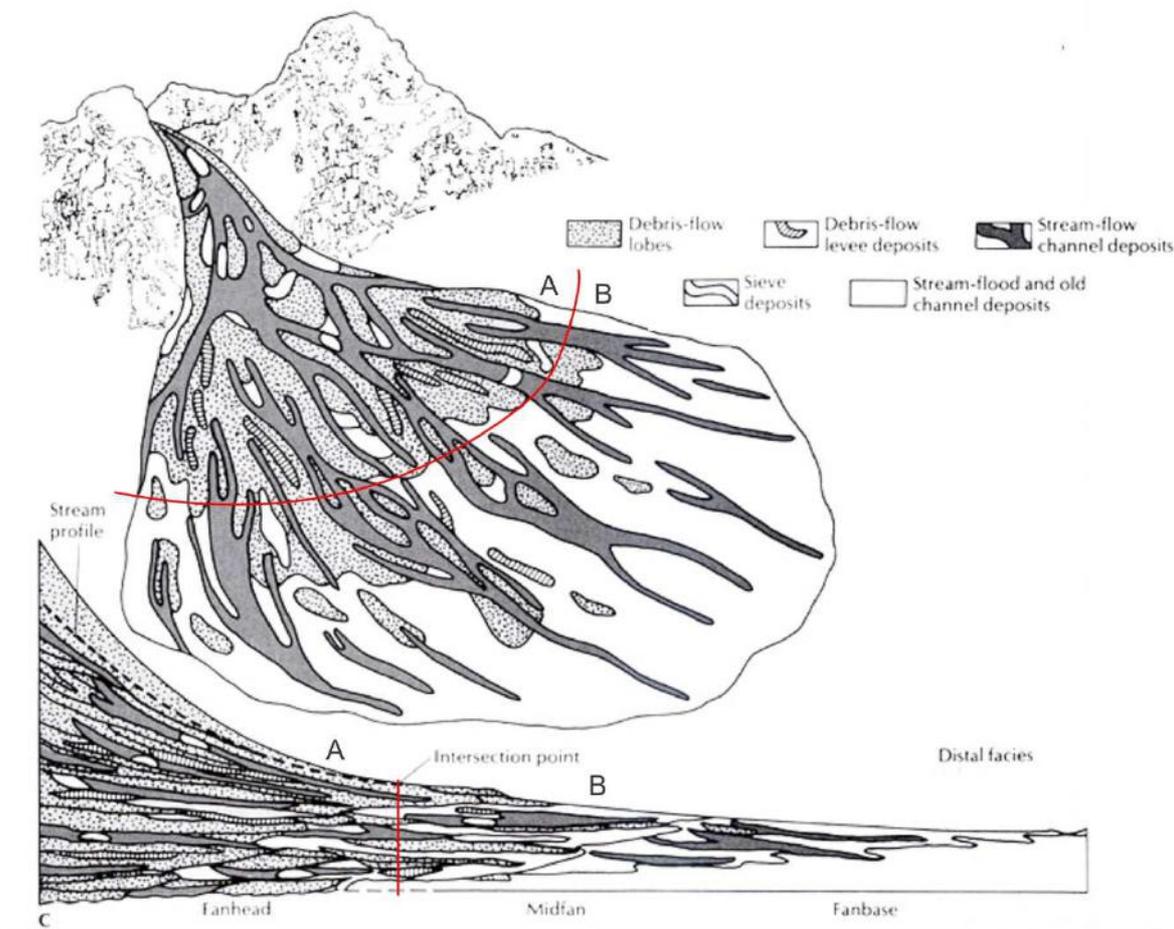


Figura 40: Esquema modificado de Spearing (1974), onde as linhas vermelhas representam a divisão deposicional em um leque aluvial. A parte referente a A, parte de depósitos proximais e a parte referente à B, depósitos medianos a distais.



Figura 41: Afloramento da associação de fácies 2, em voçoroca, na fazenda Boa Esperança. UTM:0545987/7515310 DATUM SAD 69

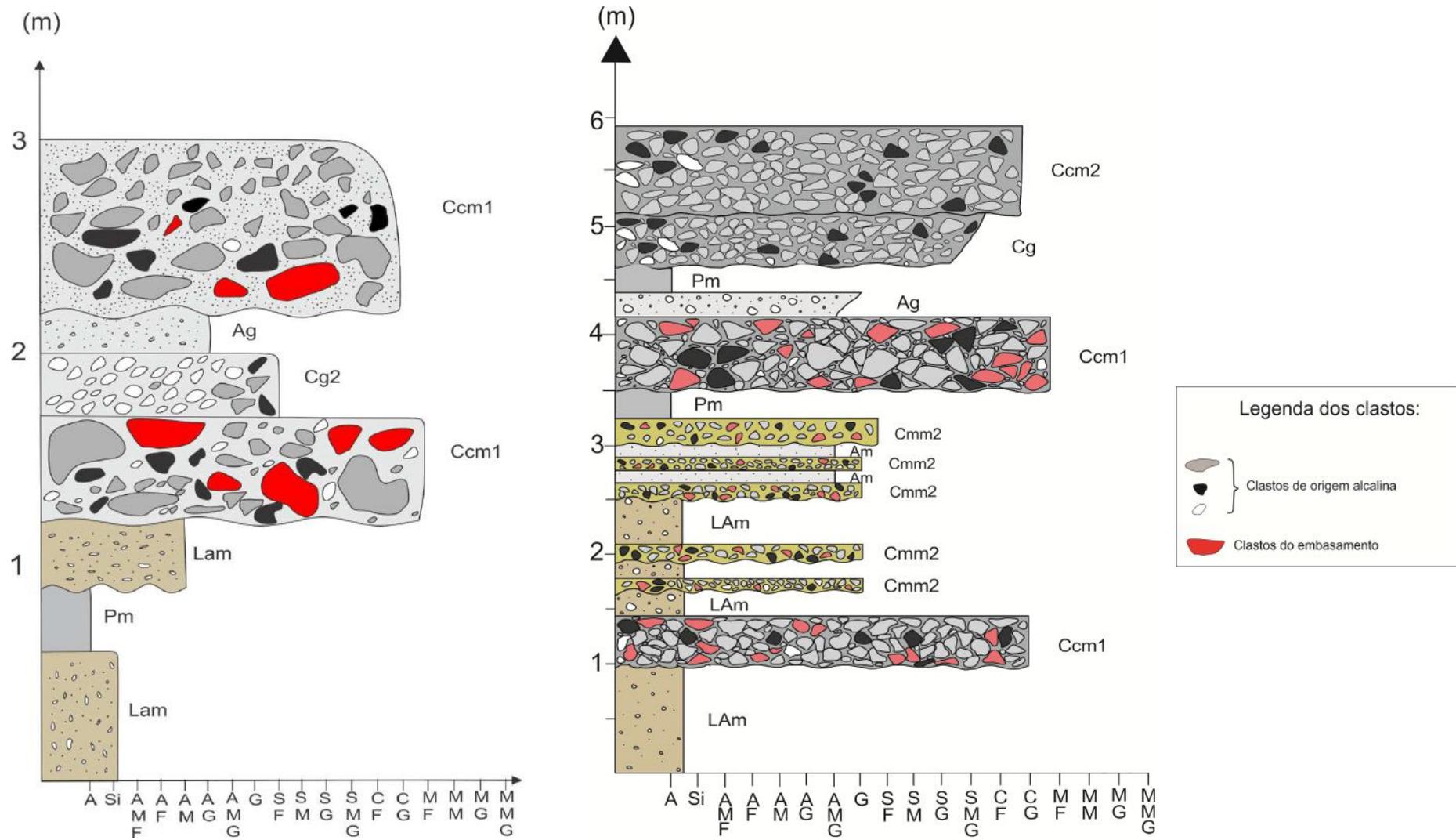


Figura 42: Perfis de diferentes afloramentos que exemplificam a Associação de Fácies 2. Perfil 1 localizado em corte de estrada. UTM:0546922/7515679. Perfil 2, localizado na fazenda Boa Esperança. UTM:0545987/7515310 DATUM SAD 69.

7.3 Associação de fácies 3 (leque aluvial dominado fluxos hidrodinâmicos – Porção Mediana a Distal)

Conforme observado na figura 40, o ponto de interseção dos leques aluviais. O ponto de interseção marca uma diferença de sedimentação, em um mesmo ambiente, onde as porções medianas e distais apresentam maior predominância de arenitos e pelitos em detrimento de ruditos, além de camadas que evidenciam um possível retrabalhamento dos sedimentos por fluxos trativos. (Spearing, 1974; Blair & McPherson, 2009)

Vale ressaltar que durante o processo de deposição dos sedimentos, o leque pode tanto avulsionar, sobrepondo depósitos tipicamente proximais sobre depósitos medianos a distais, como também retrair, gerando a sobreposição de sucessões medianas e distais sobre sucessões proximais (Boogs, 2006).

A associação de fácies 3 é representada pelo conjunto das litofácies Cmm1, Ccm1, Am1, Ag, Ah2, Pm e LAm e seus depósitos podem ser atribuídos aos depósitos do Membro Itatiaia (Ramos, 2003; Ramos *et al.*, 2006). Esta associação de fácies abrange os depósitos originados por leques aluviais, em suas porções medianas e distais, que ocorrem a noroeste da área de mapeamento, onde também ocorrem depósitos de leques aluviais proximais que caracterizam a Associação de Fácies 2. A área fonte dos sedimentos é o maciço alcalino do Itatiaia, com rara influência do embasamento proterozoico. Essa diferença de depósitos é evidenciada pelos perfis mostrados abaixo, na figura 43.

Os depósitos medianos representam uma clara transição, onde as fácies Cmm1 e Ccm1 ocorrem na mesma proporção das fácies Am1 e Ag, com a fácies Pm tendo menor representatividade. A sucessão típica desta fácies, registrado em alguns afloramentos, é representada por uma fina camada de seixos na base, sobreposto pela intercalação de arenitos maciços e conglomerados sustentados por matriz. A fácies Pm marca uma diminuição de energia do fluxo, marcando de forma clara diferentes pulsos de deposição. Em alguns afloramentos é possível ver uma geometria lenticular das camadas arenosas, que foram erodidas pelos conglomerados, em episódios de maior energia.

Já os depósitos distais, foram assim definidos pela maior proporção de finos. As fácies Am1, LAm, Pm são recorrentes nestes depósitos, enquanto as fácies Cmm1 e Ccm1 ocorrem de forma menos expressiva. Os depósitos são caracterizados por camadas de arenitos maciços

e lamitos arenosos (fácies Am1 e LAm), na base, que ocasionalmente são sobrepostos por camadas de conglomerados sustentados pelos clastos ou pela matriz, que não ultrapassam 50 cm de espessura, que como descritos anteriormente, podem apresentar feições trativas, como imbricação incipiente. Sobrepondo estes conglomerados, voltam a reaparecer as fácies Am1, Ag e Pm, que se intercalam até o topo destes depósitos. Raramente é possível a observação da fácies Ah2, indicando a diminuição gradual de energia do fluxo, com retrabalhamento dos sedimentos nos canais distributários.

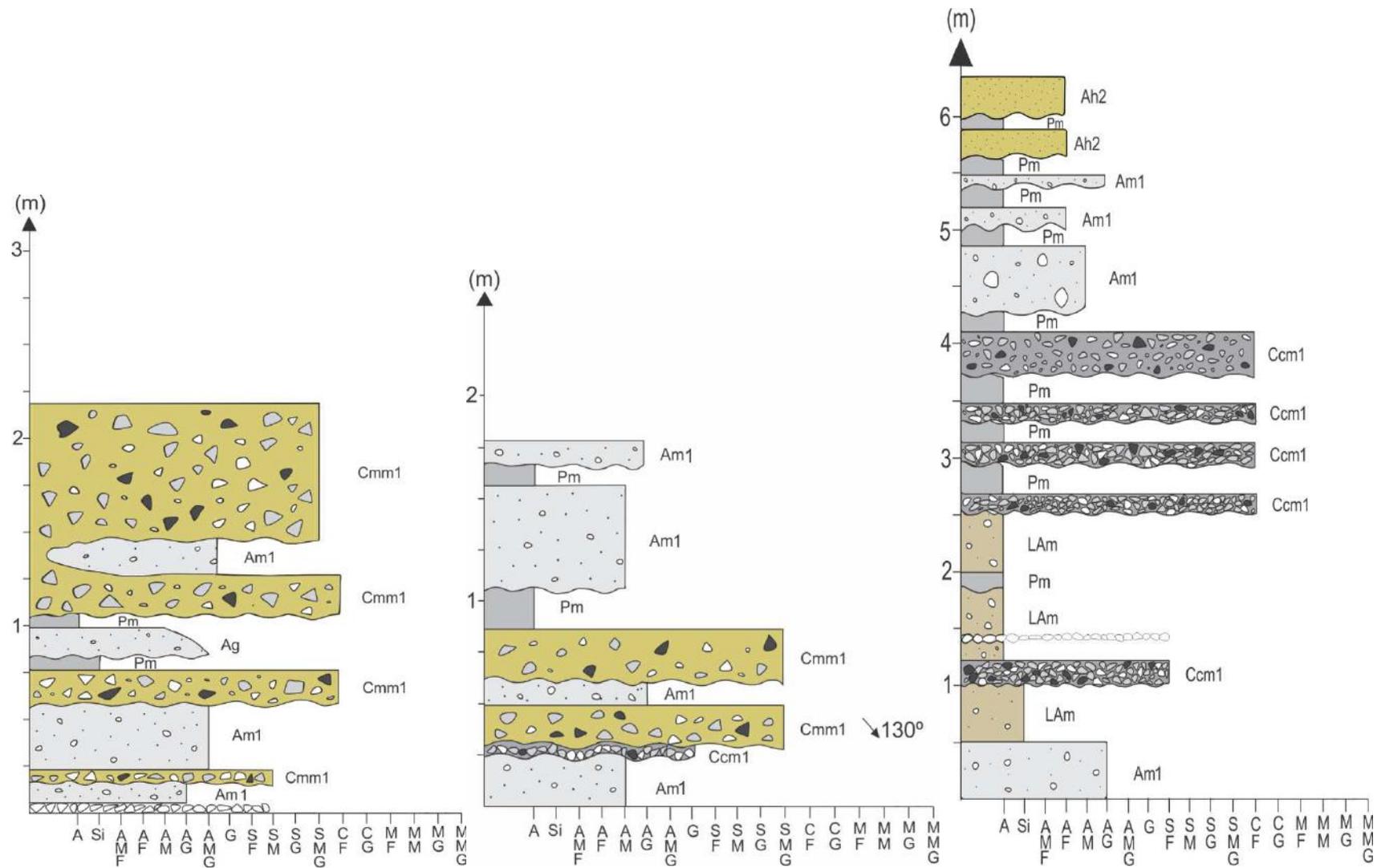


Figura 43: A esquerda, perfil representativo da porção mediana e ao centro e a direita perfis mostrando as fácies típicas da porção distal dos leques aluviais. Localização dos perfis, da esquerda para a direita. Perfil em corte de rio distributário, UTM: 0544839/7513997. Perfis distais: UTM: 0544859/7514016

7.4 Associação de fácies 4 (sistema fluvial entrelaçado com planície de inundação)

As fácies que compõe esta associação são: Ch, Ca, Am1, Ag, Ap, Ah1, Ah2, Aa, Al, Pm, Pl e Pr. Esta associação de fácies representa os depósitos definidos por Amador (1975) e revisada por Ramos (2003) como Formação Resende *strictu sensu*.

Esta associação se caracteriza por depósitos moderadamente a bem selecionados de ruditos e arenitos, de composição arcoseana e com diversos indicadores de fluxo trativo, divididos em ciclos deposicionais. Outro aspecto dominante nesta associação é a presença de diferentes formas de leito, de hierarquias diferentes.

As sucessões fluviais, compostas por ciclos granodecrescentes que tem espessura média de 3 metros, são formados na base por conglomerados com estruturas acanaladas ou horizontais, de seixos finos a médios, com alguns intraclastos pelíticos centimétricos. São sobrepostos por arenitos finos a muito grossos, e algumas camadas escassas de granularenitos, arcoseanos, que variam desde maciços a arenitos com laminação cruzada.

No topo do ciclo, pelitos maciços de cor negra a verde, pelitos maciços, pelitos laminados e raramente pelitos com laminação cruzada. Segundo Ramos (2003) e Ramos *et al.*(2006), a coloração dos pelitos maciços ocorre devido ao retrabalhamento de argilas de origem esmectítica, nos depósitos de leques aluviais da borda norte da bacia.

Os ciclos basais geralmente apresentam um empilhamento de camadas com as fácies Ca ou Ch, sobrepostos pelas fácies Am1 e Ag e ocasionalmente camadas centimétricas de pelitos, representados pela fácies Pm. Estes depósitos registram processos trativos hidrodinâmicos unidirecionais gerados sob regime de fluxo superior, com abrupta diminuição de energia.

Os ciclos granodecrescentes observados sobrepostos aos ciclos basais constituem-se por arenitos com diversas estruturas, exemplificadas pelas fácies Ap, Aa, Ah1, Ah2 e Al. No topo destes arenitos pode-se observar, em raros casos, a presença de pelitos com laminação cruzada cavalgante e pelitos laminados, indicando a diminuição de energia.

Silva *et al* (2008), interpreta que a variação de hierarquia das formas de leito está relacionado à variação da descarga do fluxo e profundidade da lamina d'água, o que nesta associação é evidenciado pelas superposições de lençóis de cascalhos (fácies Ch) em canais rasos, diferentemente das migrações de barras cascalhosas (fácies Ca) em canais profundos.

De acordo com Silva et al. (2008), a deposição dos pelitos está relacionada ao desenvolvimento de planícies de inundação e ilhas fluviais. As ilhas fluviais teriam sido formadas em períodos de drástica diminuição do fluxo, depositando sedimentos finos sob regime de fluxo inferior (fácies Pr e Pl) ou por decantação (fácies Pm). Barras de acreção frontal possivelmente continham maior proporção de finos, o que pode ser inferido devido à presença de feições erosivas no topo dos pelitos, além da presença de intraclastos de pelitos nas fácies Ca e Cg.

O afloramento que melhor descreve esta associação de fácies é a seção tipo da Formação Resende, localizado no km 307,7 da via Dutra, sentido Rio-São Paulo, já tendo sido descrito por diversos autores (Amador, 1975; Ramos, 2003; Ramos *et al.*, 2006). Neste afloramento é possível observar as feições erosivas geradas pelas fácies conglomeráticas ora sobre os estratos pelíticos, ora sobre estratos areníticos, como também dos arenitos sobre os estratos pelíticos. Também se destacam as colorações típicas desta associação, com pelitos esverdeados a negros e arenitos esbranquiçados a amarelados. (Figura 44).

Os perfis mostrados na figura 45 representam a associação de fácies aqui descrita, onde é possível ser observado no mínimo dois ciclos granodécrescentes. A opção pela representação dos perfis em preto e branco se deve ao fato de ao se utilizar alguma coloração, mesmo que em tons bem pálidos, dificultou a visualização das estruturas, estruturas essas que são características destas sucessões sedimentares.



Figura 44: Seção tipo da Fm. Resende, km 307,7 da via Dutra, sentido Rio-São Paulo, proposto por diversos autores, que aqui neste trabalho serve como seção tipo para a Associação de Fácies 4

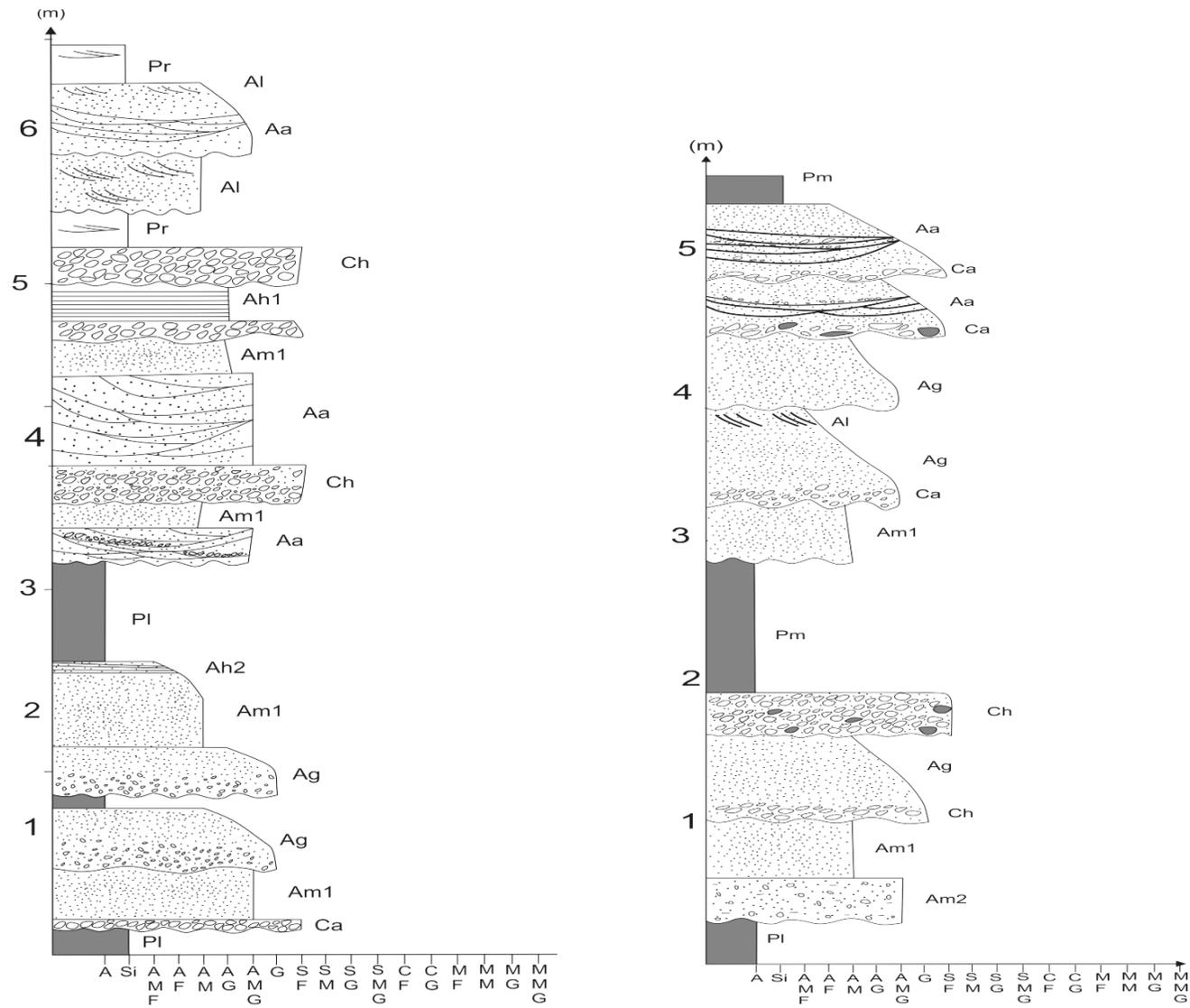


Figura 45: Perfis feitos em campo, mostrando as fácies e estruturas desta associação. Perfis localizados em corte de estrada no km 307,7 da via Dutra, sentido Rio-São Paulo.

7.5 Associação de fácies 5 (sistema fluvial meandrante)

As fácies que compõe a associação de fácies 5 são: Cmm1, Ci, Ch, Am1, Am2, Ap, Ah2, Aa, Pm e Pl. Esta associação de fácies se assemelha a associação de fácies 6, descrita por Ramos (2003) e caracterizam os depósitos de rio meandrante da Formação Floriano (Amador, 1975; Ramos, 2003; Ramos *et al.*, 2006).

Os principais depósitos desta associação de fácies, na área de mapeamento, ocorrem no campo de instrução da AMAN e ao longo da parte norte da RJ-161, em afloramentos em cortes de estrada.

Os depósitos, de maneira geral, apresentam camadas métricas, na base, de pelitos maciços ou laminados, onde em alguns afloramentos pode se observar marcas de raízes (fácies Pm e Pl), com até 1 metro de espessura, que são sobrepostos ora por arenitos maciços (fácies Am1 e Am2) ora por arenitos estratificados (fácies Ap, Aa e Ah2). As camadas areníticas, de composição arcoseana, apresentam não mais que 1 metro de espessura e estão dispostas em corpos de geometria lenticular ou sigmoidal, feições indicativas de barras de acreção lateral, típicas de rio meandrante, o que também foi constatado por Ramos (2003).

As camadas de conglomerados não ultrapassam os 50 cm de espessura, podendo ocorrer sobre os pacotes areníticos ou sobre os pacotes pelíticos, gerando intraclastos de argila, observados em alguns afloramentos na fácies Ch. A fácies Ci, composta principalmente de clastos de quartzo, ocorre de forma escassa nesses depósitos, sob a forma de corpos tabulares.

Os depósitos desta associação estão representados por ciclos entre 2 e 3 metros de espessura, apresentando um padrão de cores características, que também ajudam na diferenciação de outros depósitos. As camadas areníticas e conglomeráticas apresentam típica coloração avermelhada a amarelada e os pelitos são roxos, diferentes dos pelitos descritos na Associação de Fácies 3.

A Associação de Fácies 5 apresenta características do modelo proposto por Miall (1996), de rio meandrante arenoso. (Figura 46) Os depósitos aqui descritos representam a última sucessão sedimentar que preencheu a bacia, em um período de colmatação da bacia (Ramos *et al.* 2006)

O espaço para o preenchimento sedimentar era pouco, o que em alguns afloramentos pode ser constatado por sucessões granoascendentes. Essas sucessões indicam que os depósitos

pelíticos da planície de inundação eram erodidos por sedimentos arenosos e por conglomerados, devido ao pouco espaço disponível na bacia. Mesmo que os depósitos rudíticos e areníticos desta associação de fácies ocorressem em menor escala, eles erodiam as sequências pelíticas.

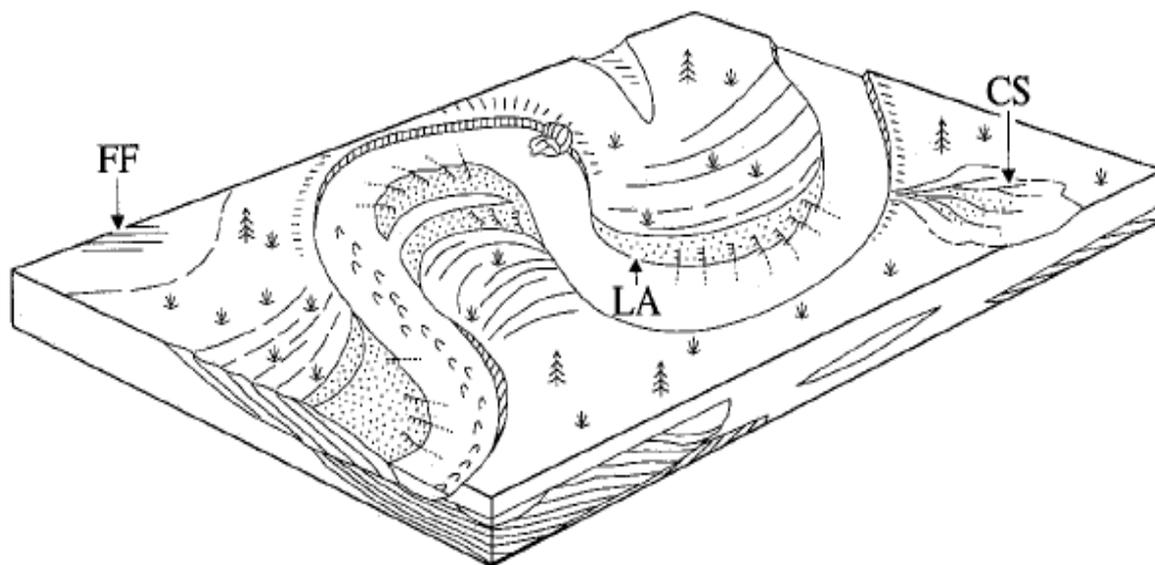


Figura 46: Modelo de Rio Meandrante, característico desta associação de fácies. CS: leque de crevasse, LA: Acresção lateral de arenitos, FF: Planície de Inundação (Mial, 1996)

A seção tipo, definida por Ramos (2003) para a Fm. Floriano, é aqui utilizada para representar esta associação de fácies, conforme pode ser observado pela figura 47. Os perfis mostrados abaixo, se assemelham muito ao perfil proposto por Ramos (2003), para a Formação Floriano (Figura 48).



Figura 47: Seção tipo da Associação de Fácies 5, localizada na RJ-161, sentido Minas Gerais. Coordenadas UTM:05557480/7517641

8 MAPA GEOLÓGICO

Para a elaboração do mapa geológico, as associações litofaciológicas descritas no item 9 foram agrupadas de acordo com as Formações e Membros descritos na bibliografia, associações estas que resultaram do agrupamento das litofácies observadas em afloramentos da área de estudo.

As associações de fácies correspondem as seguintes unidades litoestratigráficas:

- Associação de Fácies 1 e 4 (Formação Resende): Estas duas associações de fácies são representadas no mapa geológico como Formação Resende, devido as características já descritas para estas associações, que quando comparadas a descrição de Ramos (2003) para os depósitos da Formação Resende, apresentam características similares de cor, de composição textural, do arranjo deposicional entre outras coisas. O "leque de Penedo" foi aqui aglutinado devido a sua pequena extensão, não ultrapassando mais de 1,5 km, não tendo representatividade em grande escala de mapeamento. Portanto, a Formação Resende, na área mapeada é composta por leques aluviais de arcabouço gnáissico, dominados por fluxos gravitacionais, que são restritos a borda norte da bacia e da área de mapeamento e de depósitos de origem fluvial, típicos de rio entrelaçado, com sucessões de arenitos brancos arcoseanas além de conglomerados clastosuportados e pelitos esverdeados.

- Associação de Fácies 2 e 3: Estas associações de fácies apresentam características litológicas, composicionais, texturais e de coloração que estão relacionados ao Membro Itatiaia, depósitos descritos por Ramos (2003), associado ao maciço alcalino homônimo.

Entretanto há uma divisão em relação às unidades mapeáveis, podendo-se observar em campo uma unidade proximal (Associação de Fácies 2) e uma unidade distal (Associação de Fácies 3). Estes depósitos de leques apresentam ampla distribuição na porção noroeste da área de mapeamento e tem sua gênese as rochas do maciço alcalino. Em relação à distribuição espacial, na escala mapeada, é possível a distinção dessas duas unidades. Os depósitos de leques apresentam maior distribuição espacial se comparados aos da Formação Resende.

- Associação de Fácies 5: Os depósitos originados em um sistema fluvial meandrante são descritos por Ramos (2003) e Amador (1975) como Formação Floriano. Esta nomenclatura

foi aqui mantida e correlacionada a Associação de Fácies 5, que apresenta a mesma arquitetura deposicional, além da composição mineralógica e padrão de cor já descritos.

Portanto, a litoestratigrafia da área de estudo (figura 49), é: Embasamento, Maciço Alcalino Itatiaia, Dique de Basanito, Formação Resende – Membro Itatiaia (Unidades Proximal e Mediana a Distal), Formação Floriano e Sedimentos Holocênicos.

Além das associações de fácies, do mapeamento cartográfico dos depósitos sedimentares, os dados obtidos utilizando-se o SRTM, como o MDE e o mapa Hipsométrico, foram de grande importância para a definição na delimitação dos polígonos que correspondem a cada sucessão sedimentar.

Os mapas apresentados a seguir (Figuras 50, 51) são o resultados dos modelos digitais e o mapas apresentados nas figuras, 52, 53 e 54 ilustram o resultado do mapeamento de campo, da área de estudo, e dos dados processados no escritório. Os polígonos que representam as litologias mapeáveis estão sobrepostos aos modelos hipsométricos, de sombreamento de relevo e sobre fundo branco.

Foram utilizados 16 pontos da Tese de Mestrado de Ramos (2003), com o consentimento do autor, para a melhor definição dos polígonos que representam as unidades mapeadas, além de 76 pontos gerados aqui neste trabalho.

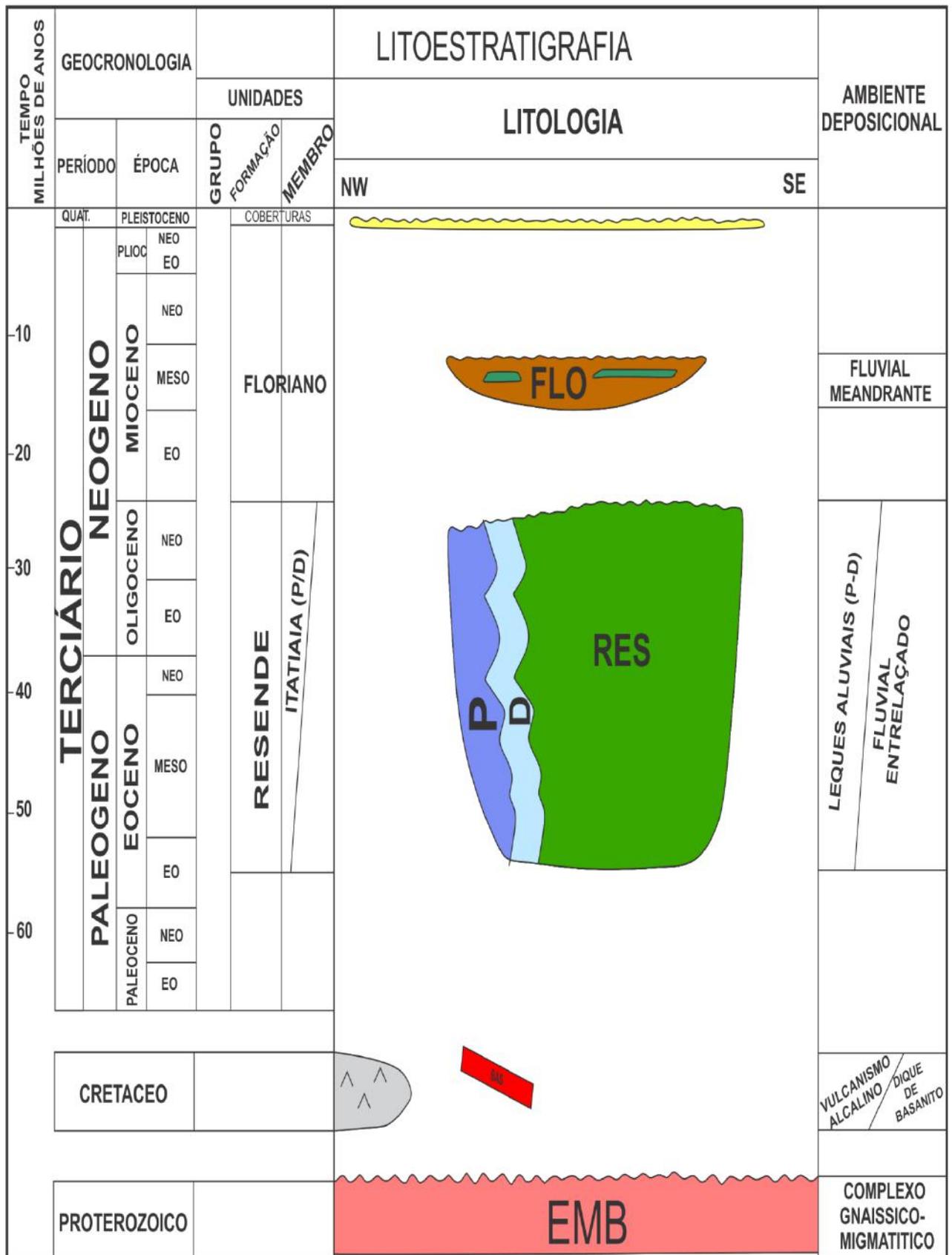
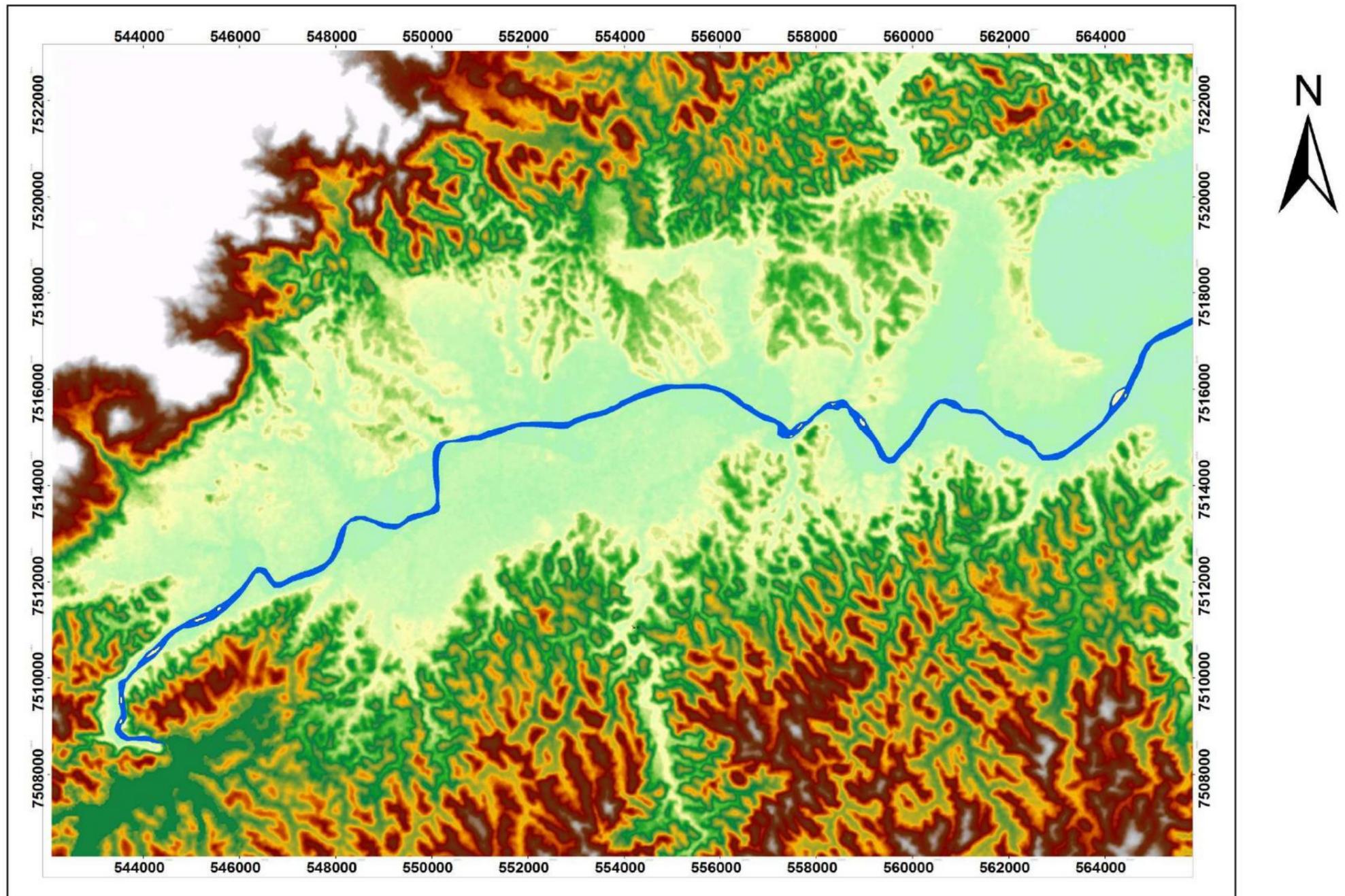


Figura 49: Carta estratigráfica da área de estudo, elaborada neste presente trabalho.



Hipsometria (m)



Iluminação Azimutal: 315°
Iluminação Zenital: 45°

- Bancos de Areia
- Rio Paraíba do Sul



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANVERSA DE MERCATOR

Geographic Coordinate System: GCS_South_American_1969
Datum: D_South_American_1969
Prime Meridian: Greenwich
Angular Unit: Degree

Bade de Dados Espaciais: Earth Explorer (2014)

Figura 50: Mapa hipsométrico mostrando as diferenças altimétricas da área de estudo. As áreas mais escuras apresentam maior altitude, enquanto as clases esbranquiçadas as porções mais baixas

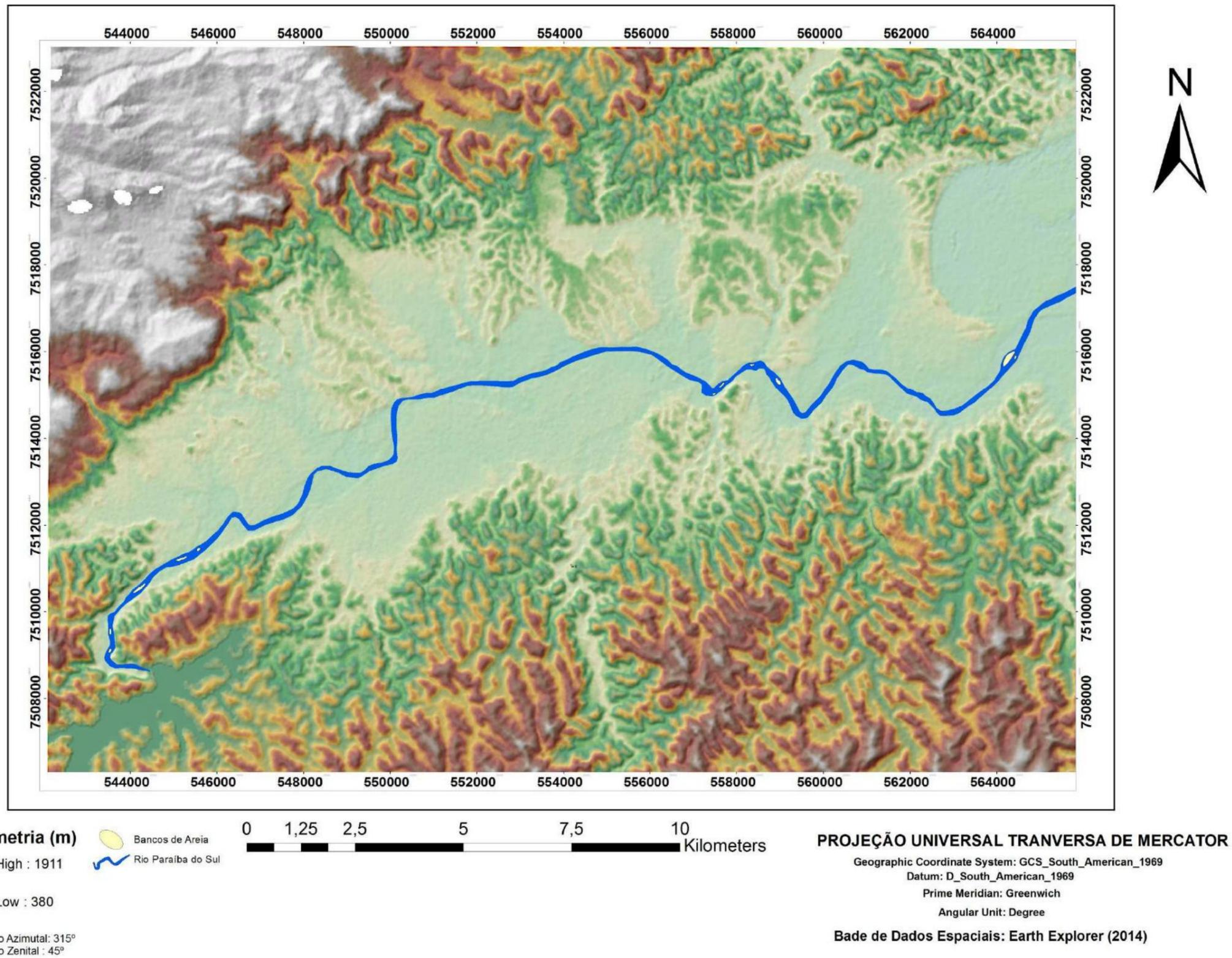
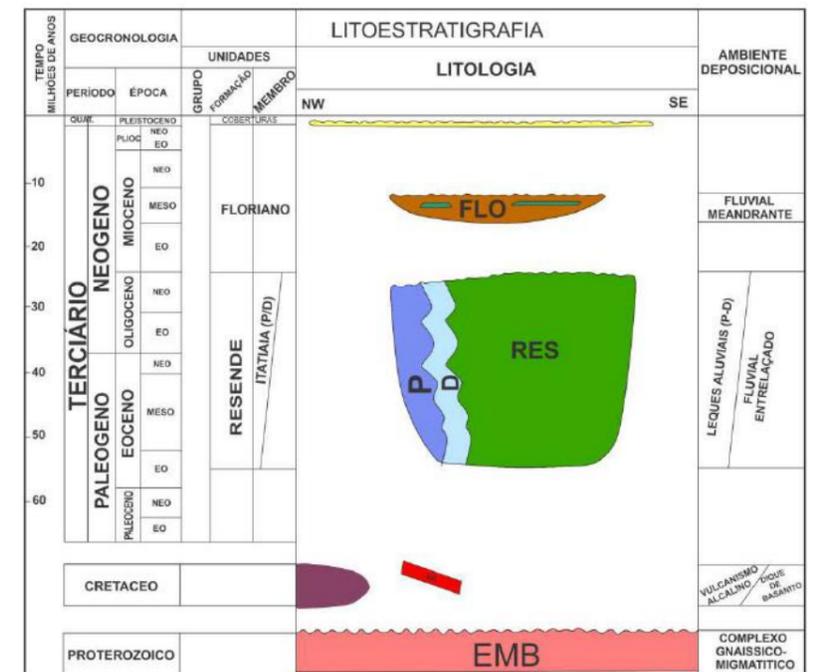
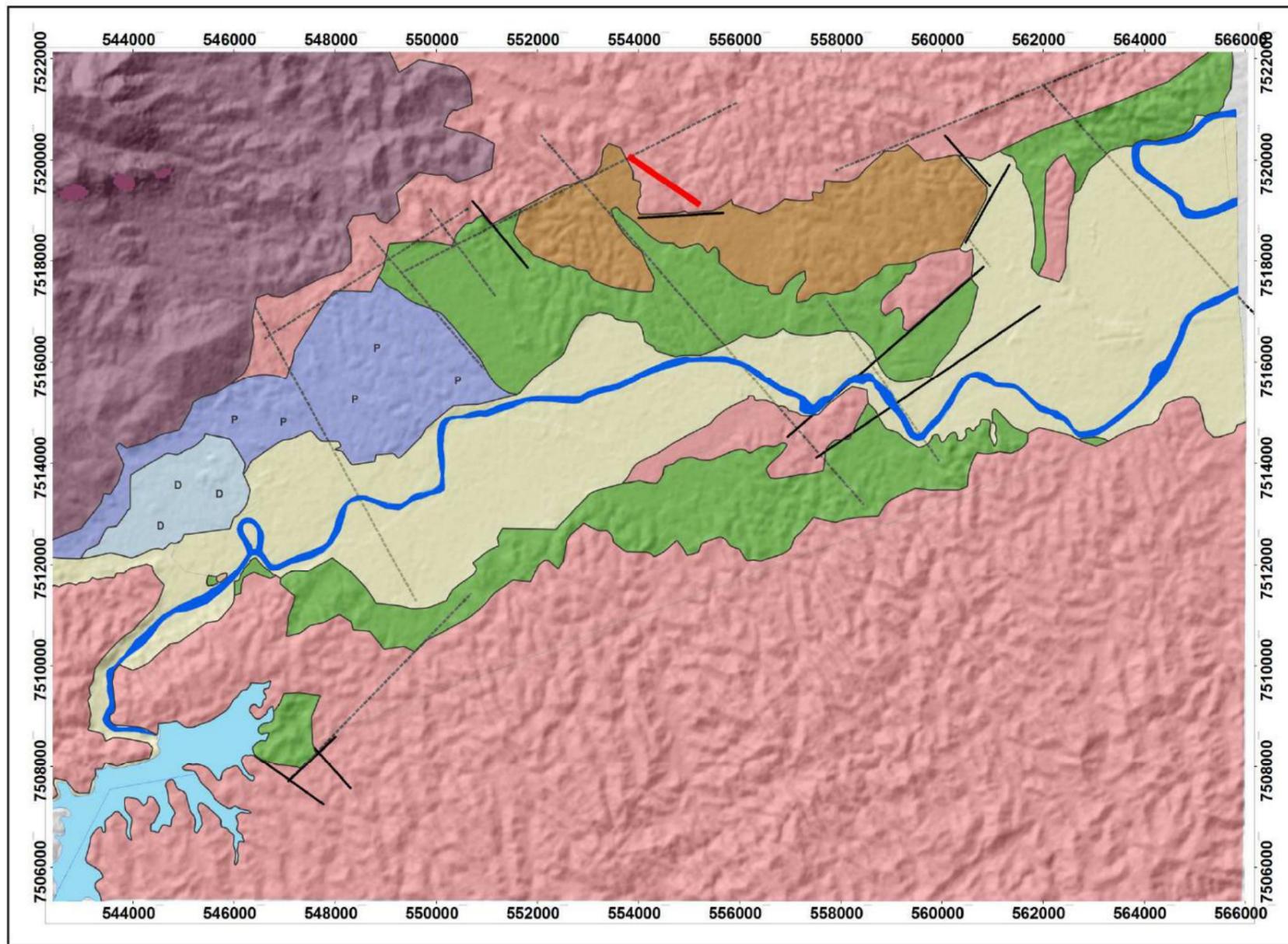
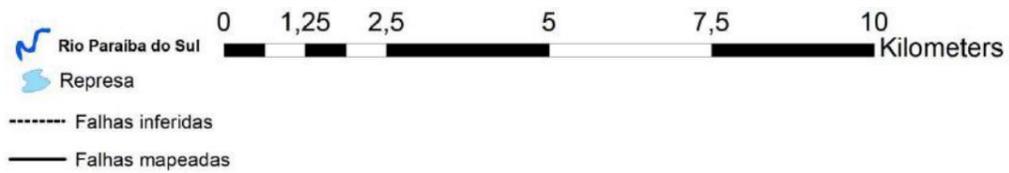


Figura 51: Mapa hipsométrico sobreposto sobre o modelo de sombreamento. O mapa hipsométrico apresenta 50% de transparência. é possível observar a compartimentação morfológica da bacia



Altimetria (m)
Value
High : 254
Low : 0

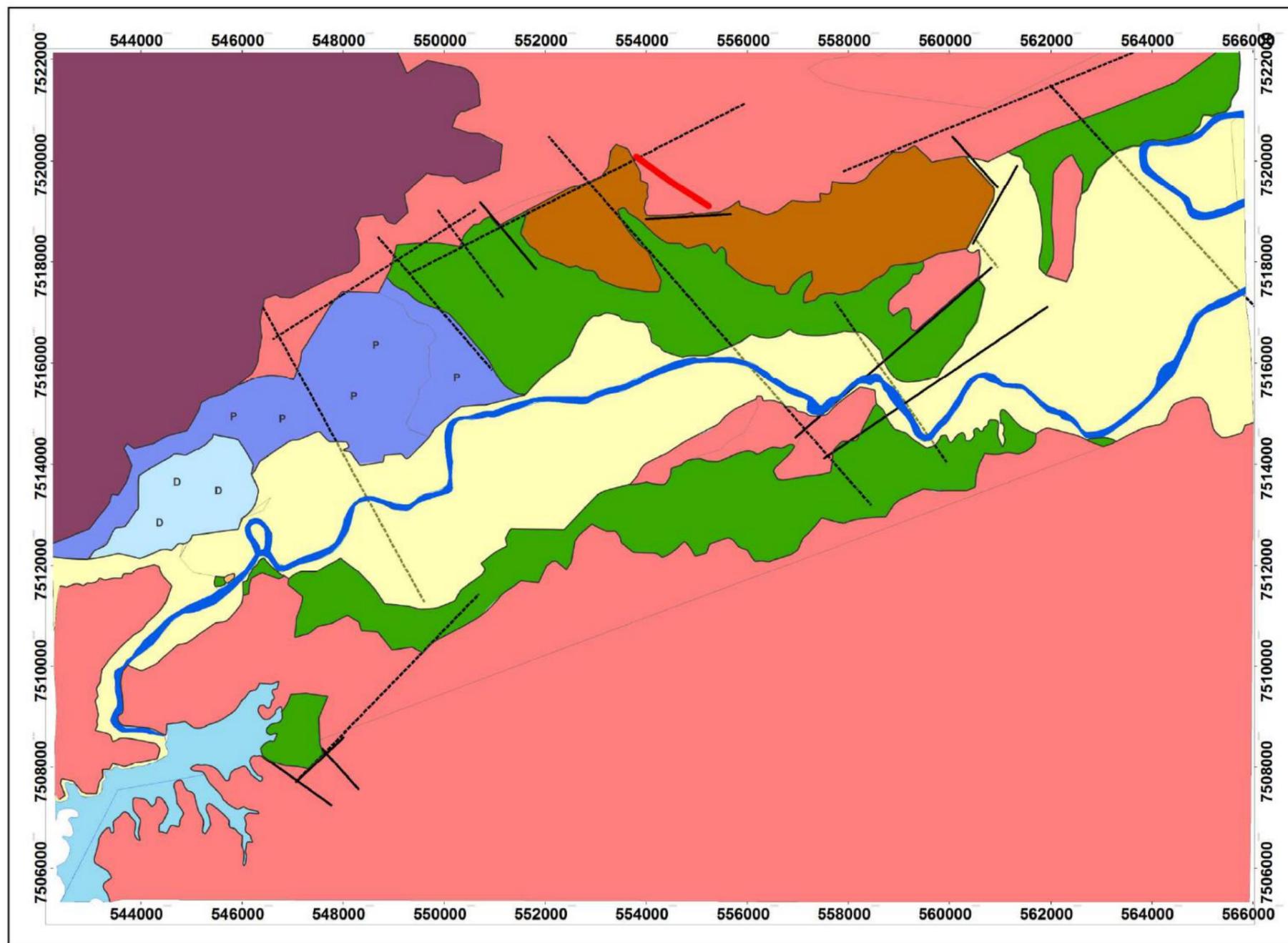


PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANVERSA DE MERCATOR

Geographic Coordinate System: GCS_South_American_1969
Datum: D_South_American_1969
Prime Meridian: Greenwich
Angular Unit: Degree

Bade de Dados Espaciais: Earth Explorer (2014)
BDGEx (1981)

Figura 52: Mapa geológico sobreposto sobre o modelo de sombreamento, mostrando as unidades mapeáveis e seus controles morfoestruturais



GEOCRONOLOGIA		UNIDADES DE MAPEAMENTO
PERÍODO	ÉPOCA / TEMPO Ma	
Quaternário	Holoceno 0,0117	
	Pleistoceno 2,58	
Neógeno	Plioceno 5,33	
	Mioceno 23,03	
Paleógeno	Oligoceno 33,9	
	Eoceno 56,0	
	Paleoceno 66,0	
Cretáceo		
Proterozóico		

- Rio Paraíba do Sul
- Represa
- Falhas mapeadas
- Falhas inferidas

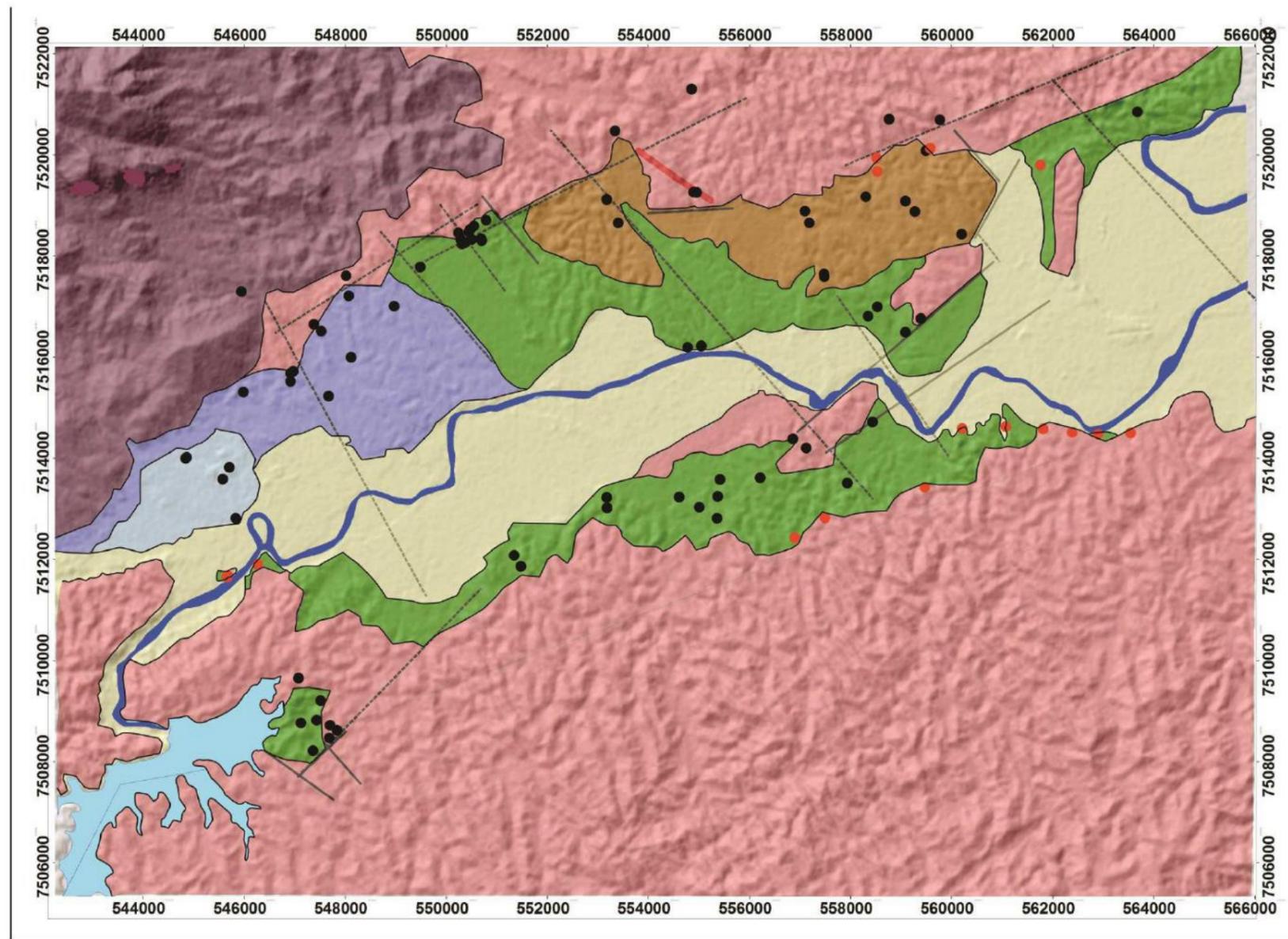


PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANVERSA DE MERCATOR

Geographic Coordinate System: GCS_South_American_1969
 Datum: D_South_American_1969
 Prime Meridian: Greenwich
 Angular Unit: Degree

Bade de Dados Espaciais: BDGEx (1981)

Figura 53: Mapa geológico das unidades mapeadas e caracterizadas em distintas cores



Pontos Mapeados:

- Pontos realizados no presente trabalho
- Pontos da Tese de Mestrado de Ramos (2003)

Altimetria (m)

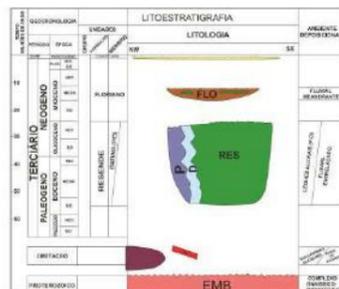
Value

High : 254
Low : 0

Iluminação Azimutal : 315°
Iluminação Zenital : 45°



- Rio Paraíba do Sul
- Represa
- Falhas inferidas
- Falhas mapeadas



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANVERSA DE MERCATOR

Geographic Coordinate System: GCS_South_American_1969

Datum: D_South_American_1969

Prime Meridian: Greenwich

Angular Unit: Degree

Bade de Dados Espaciais: Earth Explorer (2014)
BDGEx (1981)

Figura 54: Mapa com os 76 pontos gerados neste trabalho e também os pontos georreferenciados adquiridos na Tese de Mestrado de Ramos (2003)

8.1 UNIDADES DE MAPEAMENTO E ÁREAS DE OCORRÊNCIA

Foram reconhecidas as seguintes unidades: Embasamento, Maciço Alcalino do Itatiaia, Dique de Basanito, Formação Resende – Membro Itatiaia (Unidades Proximal e Mediana a Distal), Formação Floriano e Sedimentos Holocênicos.

O embasamento gnáissico-migmatítico, ocorre ao longo de toda a borda sul da região de estudo e em grande parte da borda norte da bacia. Pode ser facilmente identificada no modelo de sombreamento pela alta rugosidade quando comparado aos depósitos sedimentares, além de apresentarem declividade maior. É facilmente reconhecido no mapa hipsométrico pelos tons de cor marron.

Ao longo de toda a borda sul, o embasamento tem menor declividade, se comparado à porção norte, onde são observados gnaisses milonitizados com raros veios de quartzo, com elevado grau intempérico. Na porção norte da área mapeada, devido à tectônica formadora da bacia, o embasamento apresenta maior declividade e é composto por gnaisses miloníticos, escassos quartzitos e lentes de granitoides.

O contato entre as rochas que compõem o embasamento cristalino e se de fato esse contato existe, com as rochas alcalinas cretáceas na porção noroeste é um ponto antigo de discussão. Neste trabalho, utilizando os mapas gerados, tanto hipsométrico como também o de sombreamento de relevo, junto dos perfis faciográficos dos leques aluviais e dos pontos de campo, pode-se notar que o maciço alcalino na sua porção sul, extremo oeste da área de estudo, está em contato direto com os depósitos de leques do Membro Itatiaia.

Os perfis, A, B e C, (Figura 55), de W-E ajudaram na amarração dos contatos, visto que no perfil A, não há nenhuma influência de fragmentos do embasamento cristalino, enquanto quanto mais para leste pode-se perceber uma maior influência de fragmentos de milonitos nos depósitos rudáceos. Além disso, ao longo do trabalho de mapeamento, foram observados alguns pontos que marcam o contato entre a unidade Itatiaia Proximal e o embasamento.

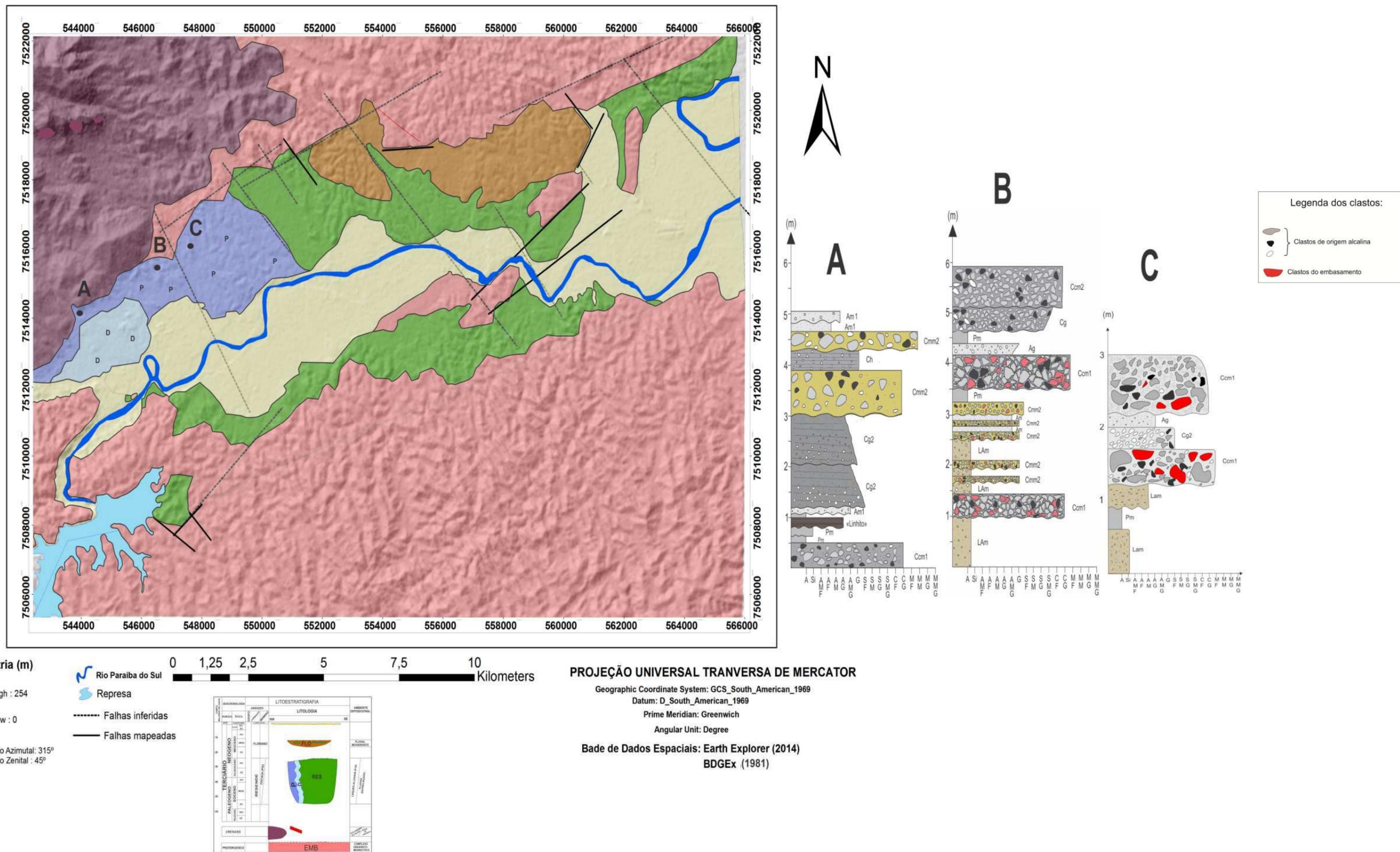


Figura 55: Mapa geológico mostrando o contato entre embasamento, maciço alcalino e os depósitos do Membro Itaipua representados nos perfis A, B e C.

No campo de instrução da AMAN, foi identificado um corpo discordante a orientação do embasamento cristalino, de tamanho métrico, descrito aqui como um dique de basanita, de orientação NW-SE. (Figura 56)

O dique de basanita foi descrito por apresentar textura afanítica, com coloração preta a acinzentada, com alguns fenocristais de olivina. A descrição litológica foi muito prejudicada devido ao alto grau de intempéricos, não possibilitando a confecção de laminas para a melhor descrição composicional.

Na porção oeste da bacia de Resende não se conhece nenhum dique com esta litologia, mas ao se consultar a bibliografia foram descritos diques de composição basáltica, que apresentam composição muito próxima a do basanita.

Foi estimada idade Cretácea para este dique, seguindo a idade proposta por Negrão (2014) que descreve derrames da mesma litologia na Bacia de Volta Redonda. Outro indicador para esta idade é que não se observou a relação de corte tanto nos sedimentos paleogênicos e neogênicos, o que pode ser interpretado como um dique de pequena extensão ou um indicador de que o basanita não os corta por ser mais antigo.

As estruturas representadas no mapa geológico foram identificadas sobrepondo o MDE ao mapa hipsométrico. Estruturas NE-SW predominam na área de estudo, com estruturas NW-SE ocorrendo em menor escala. Alguns dos falhamentos inferidos foram posteriormente identificados em campo (Figura 53).

A sobreposição do MDE ao mapa hipsométrico também possibilitou o reconhecimento dos principais *trends* estruturais. No extremo Oeste do mapa, na porção norte, o maciço alcalino, representado pela coloração branca, apresenta orientação NE-SW. Esta orientação não é contínua ao longo da borda norte, que ora apresenta *trend* estrutural E-W, ora NEE-SWW. A borda sul é caracterizada por um padrão morfoestutural NE-SW, com lineamentos NW-SE de menor escala, gerando descontinuidades no relevo.



Figura 56: Dique de basanito no campo de Instrução da AMAN, na borda norte da bacia. Coordenadas UTM: 0554896/7519268

Os depósitos do Membro Itatiaia, definidos pela primeira vez por Ramos (2003), são aqui reconhecidos em duas unidades mapeáveis, unidades estas que ocorrem exclusivamente na porção Oeste da área de mapeamento, associado ao maciço alcalino homônimo. Ramos (2003) quando propôs a diferenciação dos depósitos de leques aluviais, se baseou na gênese dos depósitos, no aspecto textural e na composição tanto do arcabouço e da matriz que compõe os depósitos. Por hierarquicamente estes depósitos terem a classificação de Membro, clássica hierárquica mais baixa na divisão litoestratigráficas, não se pode dividir em uma escala menor ainda.

Dito isto, a divisão aqui estabelecida diz a respeito à classificação dos depósitos, em proximais e medianos a distais, o que pode ser reconhecido em campo em alguns afloramentos e também através do MDE. As unidades reconhecidas tem composição predominantemente alcalina, com pequena influência do embasamento.

Estes depósitos podem ser observados em diversos afloramentos, sendo o principal deles o reconhecido por Ramos (2003), como seção tipo. Além deste afloramento, é possível reconhecer outros depósitos, conforme observado na figuras 57 e 58.

No MDE, estes depósitos foram reconhecidos por uma feição não tão rugosa se comparado ao embasamento e não tão lisos quando comparados aos padrões associados aos arenitos. É possível observar um padrão de pequenos “morros”, sem uma organização aparente, que estão agrupados a sul do maciço alcalino.



Figura 57: Depósito da unidade proximal, reconhecido neste trabalho, localizado na fazendo Boa Esperança (UTM: 0545947/7515234)



Figura 58: Seção tipo reconhecida por Ramos (2003), no bairro Vila Pinheiro, em Itatiaia.

A outra unidade definida aqui, representada pela Associação de Fácies 3, são representados pelos depósitos medianos e distais de leques aluviais associados ao maciço alcalino do Itatiaia, na porção oeste-noroeste da área de mapeamento.

Estes depósitos foram diferenciados como uma unidade mapeável devido às características deposicionais típicas de depósitos distais que se formam em leques, devido a retrabalhamento subaquoso nos canais abandonados. Além disto, as proporções de ruditos são muito menores se comparadas às proporções em depósitos proximais. Nesta unidade predominam pacotes areníticos e pelíticos e os raros ruditos tendem a apresentar melhor seleção em relação aos ruditos proximais, geralmente sustentados pelos clastos com imbricação incipiente.

Os arenitos podem ser maciços, formados em fluxo subaquoso de alta energia que não permitiu a preservação de estruturas. Ainda é possível observar nas porções distais arenitos com laminação mal preservada, indicativos de fluxo trativo. Os pelitos, quase sempre maciços, foram interpretados como corrida de lama e predominam nas porções medianas, ocorrendo em menor escala nos depósitos distais. Vale ressaltar que só foi possível correlacionar estes pacotes sedimentares ao Membro Itatiaia devido à observação em campo, a influência das rochas alcalinas como área fonte para a gênese desses sedimentos. Esta relação impede a associação destes depósitos com a Formação Resende, formação essa caracterizada por arenitos arcoseanos e conglomerados com arcabouço contendo clastos de composição de quartzo de veio e feldspatos.

Esta unidade também foi reconhecida no MDE, sendo distinta da unidade proximal por apresentar uma textura mais uniforme e não estarem todos agrupados sem uma organização. No mapa hipsométrico com a sobreposição do MDE (Figura 51), foram associados a pequenos “morrotes” dispersos, sem um aspecto contínuo, como o interpretado para os depósitos areníticos.

A seção tipo que foi fundamental para a definição da Associação de Fácies 3 e desta unidade de mapeamento, apresentada na figura 59, depósitos estes que apresentam grande proporção de arenitos esbranquiçados a amarelados e feições erosivas, geradas pela migração de fluxos trativos em canais abandonados. Esses canais foram interpretados como os próprios canais dos leques que compunham o conjunto de leques associados junto ao maciço alcalino,

que por apresentar geometria favorável, serviram para o escoamento de fluxos trativos que retrabalhavam os sedimentos mais proximais.

Além deste presente trabalho, Aguiar (2016, no prelo) reconheceu na sua área de mapeamento depósitos com as mesmas características litológicas, estruturais e texturais descritas aqui. O autor reconhece duas unidades referentes ao Membro Itatiaia, iguais as descritas neste trabalho. Aguiar (2016, no prelo) reconheceu depósitos medianos a distais ao longo do extremo oeste da bacia de Resende, o que ratifica que estes depósitos não são pontuais, não ocorrendo somente em um único lugar.



Figura 59: Visão panorâmica do afloramento tipo da unidade Mediana a Distal, localizado a norte da via férrea, no município de Itatiaia e com orientação NW-SE. UTM:0545280/7513947

A Associação de Fácies 4 é a que tem maior ocorrência ao longo da área de estudo e é relacionada aos arenitos da Formação Resende, gerados em um ambiente de rio entrelaçado. Estes depósitos podem ser observados tanto na borda norte como na borda sul da área mapeada.

A definição dos contatos foi definida utilizando-se o modelo de sombreamento de relevo, que indicou um padrão liso para os arenitos e pelitos desta formação. Junto do modelo de sombreamento de relevo, utilizou-se o mapa hipsométrico e a base cartográfica.

Na porção Oeste, a Norte do rio Paraíba do Sul, foram observados poucos afloramentos, sem extensão mapeável. Um único ponto, uma janela estratigráfica, foi reconhecido e com extensão suficiente para ser representada em mapa. Na parte austral do rio Paraíba do sul, ainda na porção oeste, na borda da represa do Funil, os depósitos a formação Resende ocorrem em inconformidade com o embasamento, onde é possível observar uma elevação topográfica devido a um par de falhas NW-SE que preservou o registro sedimentar.

Ao longo da borda sul, a Formação Resende não apresenta depósitos maiores que 2 metros de espessura, quase sempre compostos por pacotes areníticos e pelitos escassos. A alta atividade antrópica dificulta a identificação dos depósitos terciários, principalmente a sul do rio Paraíba do Sul, especialmente pela expansão da cidade de Resende.

Outra explicação para a escassez de afloramentos deve-se ao menor espaço de acomodação a sul do Rio Paraíba do Sul quando se comparado a parte norte. O Eixo N-S da bacia tem uma extensão maior a norte do rio. Os poucos afloramentos foram reconhecidos na porção central, em contato com o embasamento cristalino, tendo sua geometria delimitada pelos falhamentos NW-SE e NEE-SWW.

Na porção a norte do rio Paraíba do Sul, tem-se a seção tipo da Formação Resende, com os típicos pelitos esverdeados e arenitos acanalados e estratificados. Também se somam a estes depósitos os pacotes de ruditos e de vaques do Leque de Penedo, que não apresentam grande extensão. (Ramos, 2003). No campo de instrução da AMAN, o modelo de sombreamento de relevo, feito no escritório, indicou uma possível ocorrência desta Formação, o que foi comprovado em depósitos de arenitos esverdeados e pelitos maciços. Em contato direto com a Formação Floriano, fato nunca antes descrito. (Figura 60)

No extremo Leste observou-se alguns afloramentos com mais de 20 metros de espessura, de pelitos maciços de cor negra, erodidos por arenitos maciços ou gradados, sendo possível observar feições de canais. (Figura 61)



Figura 60: Contato entre as Formações Resende e Floriano, no campo de instrução da AMAN



Figura 61: Afloramento da Formação Resende, linhas de cor preta indicando superfícies de erosão e formas de canais. Na base, pelitos maciços de cor negra

A Formação Floriano, que foi aqui correlacionada a Associação de Fácies 5, é caracterizada por uma sucessão de conglomerados sobrepostos por arenitos de coloração avermelhada e pelitos roxos a avermelhados.

A Formação Floriano ocorre unicamente na parte norte da área de mapeamento, ao longo de todo campo de instrução da AMAN e em alguns cortes de estrada ao longo da parte norte da RJ-161, onde inclusive, Ramos (2003) definiu a seção tipo para esta Formação.

Na área do campo de instrução da AMAN há um predomínio de fácies pelíticas, com camadas centimétricas de arenitos maciços e níveis conglomeráticos, em colinas arredondadas de 2 a 3 metros de altura. Os afloramentos quase sempre apresentam coloração avermelhada ou roxa, sendo facilmente identificados, conforme visto na figura 62.



Figura 62: Característica dos depósitos da Formação Floriano no campo de Instrução da AMAN

Os afloramentos ao longo da RJ-161 não ultrapassam mais de 3 metros de altura, mas tem uma maior proporção de fácies areníticas e rudíticas. O ultimo depósito no extremo norte, mostrado abaixo na figura 63, marca o limite entre a bacia e sua sucessão sedimentar.



Figura 63: Afloramento da Formação Floriano, ultimo registro desta formação na borda norte da bacia. Neste afloramento é possível observar uma maior proporção de arenitos e conglomerados. RJ-161, sentido Minas Gerais. UTM:0559496/7520083

O alto estrutural de Resende, que divide a bacia em dois depocentros, tem grande influência na Formação Floriano, restringindo estes depósitos a parte norte do rio Paraíba do Sul, entre a AMAN e a RJ-161.

A falta de espaço fez com que os sedimentos finos, que são depositados na planície de inundação, fossem erodidos por arenitos e conglomerados, devido ao pouco espaço para a preservação dos sedimentos finos.

O alto estrutural de Resende também ajuda a explicar o porquê de não se ter registro da Formação Ribeirão dos Quatis e do Membro Acácias. Provavelmente, o alto estrutural dividiu a bacia de forma que influenciou diretamente na sua arquitetura deposicional. A Formação Ribeirão Quatis e o Membro Acácias, segundo Ramos (2003), só ocorrem na porção leste da bacia, o que fica claro neste trabalho, pois não se tem nenhum registro desses tipos de depósitos.

Os depósitos representados no mapa geológico por cor amarela, de idade pleistocênica, ocorrem ao longo de toda a área de mapeamento, tanto sobre o embasamento, como também sobre as sucessões sedimentares terciárias. A idade para estes depósitos é entre 60.000 e 20.000 anos (pleistoceno tardio), (Peixoto 2002, apud Ramos 2003). Estes depósitos, na área de estudo, tem sua gênese relacionada a avulsão dos depósitos do Rio Paraíba do Sul e seus afluentes. São facilmente identificados no MDE por um padrão liso e contínuo, e no mapa hipsométrico pelas classes de cor azul. (Figura 52)

Estes depósitos apresentam espessura variando entre 6 a 7 metros, e são constituídos por intercalações de arenitos e argilas organizados em corpos tabulares, de coloração amarelada. Em alguns pontos próximos a via férrea, no município de Resende e Itatiaia, ocorre camadas de 50 cm a 1 metro de cascalhos grossos, de composição quartzosa.

Além dos depósitos areníticos e lamíticos pleistocênicos, ainda foi observado em pontos escassos da área de estudo, colúvios, provavelmente holocênicos, que não ultrapassam 3 metros de espessura.

Esses colúvios não apresentam extensão suficiente ao longo da área de mapeamento para serem representados no mapa geológico, mas podem ser reconhecidos em alguns locais, ora ocorrendo sobre os sedimentos terciários, ora sobre o embasamento cristalino. Apresentam coloração avermelhada e texturas diversas. Nos depósitos sobre o embasamento, foi observado maior proporção de argila, além de quase sempre ser possível observar blocos de quartzito e até de rochas alcalinas na base. Quando ocorrem sobre os depósitos terciários, os colúvios tendem a ser mais arenosos, com cascalhos na base, com menor presença de blocos.

9 CONCLUSÕES

Considerou-se essencial a utilização dos modelos de sombreamento de relevo, com diferentes iluminações azimutais, gerado a partir da ferramenta *Hillshade*. Esses modelos foram de grande importância para a definição de lineamentos estruturais ao longo da área mapeada, muitos desses comprovados em campo. Além dos lineamentos, devido a intensa atividade antrópica, que modifica e oblitera os possíveis afloramentos, os modelos de sombreamento de relevo, quando usados com o mapa hipsométrico, permitiu a melhor definição dos contatos geológicos, pois os padrões de textura gerados por esses modelos ajudaram a indicar as diferenças litológicas, o que também foi comprovado em campo.

Neste trabalho é mantido o Membro Itatiaia da Formação Resende. Entretanto, esta subunidade é aqui dividida em duas unidades de mapeamento, unidades Proximal e Mediana a Distal. Em alguns pontos foi possível identificar interdigitação entre estas, evidenciando pulsos de diferentes energias e uma alternância entre clima mais seco e clima úmido (o que fica claro com a presença de linhito em um dos depósitos da unidade Proximal).

Os depósitos de leque aluvial dominado por fluxos gravitacionais (Associação de Fácies 1), não foram agrupados a estas unidades, e sim a Formação Resende *stricto sensu*, visto que não apresentam grande extensão, além dos depósitos não apresentarem nenhuma relação com os maciços alcalinos, tendo sua composição relacionada ao embasamento que foi erodido ao ser soerguido pela borda de falha principal ENE-WSW.

Ainda de acordo com Ramos (2003), os depósitos que caracterizam uma sucessão fluvial de rio entrelaçado com alternância de ciclos granodecrescentes, tendo na base conglomerados finos a médios, sotopostos por arenitos arcoseanos acanalados e no topo pelitos esverdeados maciços. Conclui-se aqui que existem poucos pontos em que se é possível observar a alternância desses ciclos granodecrescentes, devido à escassez de afloramentos.

Constatou-se que a Formação Resende, na área do campo de instrução da AMAN, encontra-se em contato com os depósitos areníticos e pelíticos da Associação de Fácies 5 (rio fluvial meandrante), depósitos estes da Formação Floriano

A Formação Floriano é caracterizada por camadas arenosas dispostas em corpos de geometria lenticular e camadas lamosas formando ciclos granodecrescentes sucessões *finning*

up, sendo a base de cada ciclo formada por conglomerado maciço, capeado por arenitos arcoseanos com estratificação cruzada acanalada e conta com a presença de siltitos grossos com laminação cruzada. Esta formação representa um rio meandrante arenoso, que se desenvolveu tanto sobre as camadas arenosas da Formação Resende como sobre o embasamento do alto estrutural de Resende.

Na área de estudo, a Formação Floriano está restrita a área da AMAN, mas em alguns pontos, ao contrário do descrito por Ramos (2003), podem ser observados por ciclos *coarsening up*, o que foi aqui interpretado como um rio meandrante arenoso com pouco espaço para sedimentação, aonde os pacotes arenosos e as camadas cascalhosas não permitiam tempo suficiente para a maior preservação da planície de inundação..

Constatou-se que o alto estrutural de Resende teve grande importância na deposição dos sedimentos a oeste da Bacia de Resende, limitando a distribuição da Formação Floriano e seu arranjo textural, além de mostrar que tanto o Membro Acácias, quanto a Formação Ribeirão dos Quatis não ocorrem na área de estudo. Ramos *et al.* (2006), expõe que a ocorrência desses depósitos se dá unicamente na porção Leste da bacia, a Leste do alto estrutural, o que é aqui confirmado.

Consultando a bibliografia, verificou-se que a extensão dos depósitos do Membro Acácias quanto os da Formação Ribeirão dos Quatis é muito pequena, sendo a última conhecidamente restrita a borda Leste da bacia. Logo, cabe aqui a indagação sobre os depósitos do Membro Itatiaia e suas unidades Proximais e Medianas a Distais aqui definidas, que apresentam extensão representativa, cabendo a discussão em relação a formalização do Membro Itatiaia como Formação, que ocorreria lateralmente a Formação Resende, e teria dois membros distintos. Porém, para isso, é necessário melhor caracterização destas unidades, com maior volume de paleocorrentes e outros indicativos de tração para uma melhor distinção da unidade Mediana a Distal.

LISTA BIBLIOGRÁFICA

- AGUIAR, G. S. 2016. **Mapeamento Geológico e Análise Litofaciológica dos depósitos Paleogênicos da Formação Resende na extremidade oeste da bacia de Resende, RJ** . Monografia de Graduação (Geologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 90 p.
- ALLEN, J.R.L. 1970. **Physical process of sedimentation, An Introduction**. G. Allen & Unwin, London, 248 p.
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1976. **The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 48 (supl.), p.15-26.
- ALMEIDA, F.F.M. 1991. **O alinhamento magmático de Cabo Frio**. In: SBG/Núcleos São Paulo e Rio de Janeiro, 2º Simpósio de Geologia de Sudeste, Atas, 423-428.
- AMADOR, E.S. 1975. **Estratigrafia e sedimentação na Bacia de Resende – RJ**. Anais da Academia Brasileira de Ciências (Suplemento), 47: p. 181-223.
- ASHLEY, G. (1990). **Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem**. Journal of Sedimentary Petrology, 160-172.
- ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. 1978. **Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na Região Sudeste do Brasil**. In: Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil, Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP, Série Projeto REMAC, 4, p. 39 – 73.
- BLAIR, T.C., & MCPHERSON, J.G. 1999. **Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles**: Jour. For Sed. Research, v.69, p.6-19.
- BLAIR, T.C.; MCPHERSON, J.G. 2009. **Processes and forms of alluvial fans**. In: PARSONS, A.J. & ABRAHAMAS, A.D. (eds.) Geomorphology of Desert Environments, 2nd ed. Springer, pp. 413- 467.
- BENTHAM, P.A.; TALLING, P.J. & DOUGLAS, W.B. 1993. **Braided stream and floodplain deposition in a rapidly aggrading basin: the Escanilla formation, Spanish Pyrenees**. In: BEST, J.L. & BRISTOL, C.S. (eds). Braided Rivers. Geological Soc. Spec. Publ., 75:177-194.

BOGGS, S.J. (2006). **Principles of Sedimentology and Stratigraphy (4 ed.)**. Oregon: Pearson Prehntice Hall. v.2 p. 676

COSTA, M.R.A. & RAPOSO, F.O. 1982. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro**, Bloco Resende – C.2. Relatório de Etapa de Campo. CPRM, Belo Horizonte, 1 vol.

COSTA, M.R.A. & RAPOSO, F.O. 1983. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro**. Folhas Santa Rita do Jacutinga/Volta Redonda/Resende/Barra Mansa/Liberdade/PassaQuatro/Agulhas Negras/São José do Barreiro/ Nossa Senhora do Amparo. Convênio CPRMDRM Rel. Final, Niterói, 7 vol.

COX, K.G. (1989). **The role of mantle plumes in the development of continental drainage patterns**. Nature, 342, p. 341-342.

DATA, C. (2010,1/6). **Climate Data Organization**. Acessado em 12/12/ 2015, de *Climate Data*: <http://pt.climate-data.org>

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). **Banco de Dados Geográficos do Exército**. Versão 3.0. 2013. Disponível em: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador/>>. Acesso em: 2/06/2015

EARTH EXPLORER, 2014. **Modelo Digital de Elevação do tipo SRTM**. Disponível em: <<http://www.earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 12/02/2016

ESRI. ArcGIS® 10.2 - **ArcMap™ Tutorial**. 2013. Disponível em: <<http://webhelp.esri.com>>. Acesso em: 7/05/2015.

FERNANDES A.C.S; BORGHI L.; CARVALHO I. de S. (1992); **Icnofósseis de Artropodes na Formação Resende (Bacia de Resende, RJ)**: Academia Brasileira de Ciências, v.64, nº3 p. 1-8

GOOGLE. Google Earth. Versão 7.1.5, ano 2015. **Polígono em vermelho mostrando a área onde foi realizado este presente trabalho**. Disponível em <https://earth.google.com> Acessado em 30/07/2015 (Fonte Google Earth)

GOOGLE MAPS. **Imagens de satélite de vias de acesso às áreas estudadas**. Disponível em: <http://maps.google.com.br/maps?he-pt-BR&tah=wl>. Acesso em 6/01/2016.

GUEDES E. 2001. **Magmatismo Mesozoico-Cenozoico no embasamento das bacias de Resende e Volta Redonda: Petrologia, geocronologia e caracterização tectônica.** Dissertação de Mestrado, UERJ, 116p.

GUEDES, E.; HEILBRON, M.C.L.; VALERIANO, C.M. & EPIFÂNIO, D. 1999. **Ocorrência de diques básicos e alcalinos e suas relações tectônicas com o embasamento Pré-Cambriano das bacias de Resende e Volta Redonda, RJ.** In: Simpósio de geologia do sudeste, 6. São Pedro, 1999. Bol. Resumos. São Pedro, SBG/UNESP. p. 69.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R. & COIMBRA, A.M. 1975. **The Ribeira Folded Belt.** Revista Brasileira de Geociências, 5, P. 257 – 266.

HASUI, Y.; ABREU, F.A.M.; RANGEL, J.M.R. 1977. **Estratigrafia da Faixa de Dobramentos Paraguai Araguaia no centro-norte do Brasil.** Bol. Inst.Geoc. LW, 8, P. 107 – 118.

HASUI, Y. 1982. **Geologia, tectônica, geomorfologia e sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da praia de Itaorna.** São Paulo, IPT. 159 p. (IPT. Monografias, 6).

HASUI, Y; FONSECA, M.J.G. & RAMALHO, R. 1984. **A parte central da região de dobramentos Sudeste e o maciço mediano de Guaxupé.** In: SCHOBENHAUS, C. (coord.) Geologia do Brasil, Brasília, DNPM.

HEILBRON, M. 1993. **Evolução tectono-metamórfica da seção Bom Jardim de Minas-MG - Barra do Piraf-RJ, setor central da Faixa Ribeira.** IG/USP, Tese de Doutorado, 268p.

HEILBRON, M. 1995. **O Segmento Central da Faixa Ribeira: Síntese Geológica e Ensaio de Evolução Geotectônica.** UERJ, Tese de Livre Docencia, 115p.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L. C.; TROUW, R. A. J.; JANASI, V. A. 2004. **Província Mantiqueira.** In: MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C. D. R., BRITO-NEVES, B. B. (Eds.). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda, p. 203 – 234.

- LAYA, J. C.. & TUCKER, M. E. (2012) **Facies analysis and depositional environments of Permian carbonates of the Venezuelan Andes: Palaeogeographic implications for Northern Gondwana**. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 331–332, 1–26.
- LEEDER, M., 1979. **Sedimentology and sedimentary basins**: Blackwell Science LTD., Oxford,p. 592
- LIMA, M.R.; MELO, M.S. 1994. **Palinologia de depósitos rudáceos da região de Itatiaia, Bacia de Resende - RJ**. *Geonomos*, 2(1): 12-21.
- MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; CAMPANHA, G.A.C.; MIOTO, J.A.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L. & GIMENEZ, A.F. 1983. **Estudos geológico-tectônicos na bacia de Resende (RJ) e sedimentos terciários de Volta Redonda (RJ) e bacia de Taubaté (área de Cruzeiro - SP)**. Relatório 17.737. IPT, São Paulo, 124 p.
- MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. 1985. **Sedimentação e tectônica da Bacia de Resende - RJ**. *Anais da Academia Brasileira Ciências*, **57(4)**: 467-479.
- MIALL, A.D. 1985. **Architectural elements analysis: a new method on facies analysis applied to fluvial deposits**. *Earth Science Reviews*, 22(4):261-308.
- MIALL, A.D. 1996. **The Geology of Fluvial Deposits**. 1 ed. Berlin. Springer-Verlag. 582 p.
- NEGRÃO, A. P. 2014. **Evolução Tectonossedimentar e Deformação Rúptil Cenozoica da Região da Bacia Sedimentar de Volta Redonda (Segmento Central do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, RJ)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. Dissertação de Mestrado, 249 p.
- NIMER, E. 1971. **Climatologia da Região Sul do Brasil**. In: *Revista Brasileira de Geografia*. Introdução a Climatologia Dinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, n. 4. p. 3 - 65. 1971.
- PEIXOTO, M.N. 2002. **Evolução do Relevo, Coberturas Sedimentares e Formação de Solos em Superfícies Geomorfológicas – Médio vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ)**. Rio de Janeiro, 198p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ.
- RAMOS, R.R.C. 1997. **Estratigrafia da sucessão sedimentar terciária da bacia de Resende, entre Resende e Quatis (RJ), com ênfase na caracterização das litofácies**,

ciclicidade e paleocorrentes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. Dissertação de Mestrado, 208 p.

RAMOS, R.R.C. 2003. **Sistemas aluviais terciários da bacia de Resende, Estado do Rio de Janeiro, Brasil: análise de fácies e revisão estratigráfica.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, 221 p.

RAMOS, R.R.C.; MELLO, C.L. & SANSON, M. DE S. R. 2005. **Bacias sedimentares brasileiras, Bacia de Resende.** Fundação Paleontológica Phoenix, 76: 1 – 6.

RAMOS, R.R.C.; MELLO, C.L. & SANSON, M. DE S.R. 2006. **Revisão estratigráfica da Bacia de Resende, Rift Continental do Sudeste do Brasil, Estado do Rio de Janeiro.** São Paulo, UNESP, Geociências, v.25, 1 – 12. Disponível em: http://petro.rc.unesp.br/revistageociencias/25_1/6.pdf. Acessado em 30 abr 2011.

RAMOS, R.R.C.; MELLO, C.L. & SANSON, M.S.R. 2006. **Bacias Sedimentares Brasileiras: bacia de Resende.** Phoenix, 76: p. 1- 6.

REINECK, H.E.; SINGH, I.B. 1980. **Depositional Sedimentary Environments.** 2 ed. Berlin. Springer-Verlag, 551 p.

RIBEIRO FILHO, E. 1967. **Geologia e petrologia dos maciços alcalinos do Itatiaia e Passa Quatro (Sudeste do Brasil).** Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. USP, 302: 5-93.

RIBEIRO, C.S 2010. **Influência da tectônica pós-deposicional na distribuição da Formação Barreiras entre o rio Paraíba do Sul (RJ) e rio Doce (ES).** Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 165 p.

RIBERA, Kátia Torres; MEDINA, Branca Maria Opazo. **Estrutura, dinâmica e biogeografia das ilhas de vegetação sobre rocha do Planalto do Itatiaia, RJ.** Centro de Visitantes Wanderbilt Duarte de Barros, Parque Nacional do Itatiaia-RJ, 2002.

RICCOMINI, C.; APPI, C.J.; FREITAS, E.L. & ARAI, M. 1987. **Tectônica e sedimentação no sistema de rifts continentais da serra do Mar (bacias de Volta Redonda, Resende, Taubaté e São Paulo).** In: Simpósio de Geologia Rj-Es, 1, Rio de Janeiro, 1987. Anais...Rio de Janeiro, SBG. v.1, p.253-298.

- RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado em Geociências) – Departamento de Geologia, Universidade de São Paulo. 256 p.
- RICCOMINI, C.; MELO, M.S. & COUTINHO, J.M.V. 1991. **Late cretaceous-early tertiary metabasic magmatism in the western part of the state of Rio de Janeiro, Brazil**. Bol. IG-USP, Publ. Esp., 10:77-84.
- RICCOMINI, C.; MELO, M.S.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; MIOTO, J.A. & HASUI, Y. 1983. **Sobre a ocorrência de um derrame de ankaramito na Bacia de Volta Redonda (RJ) e sua importância na datação das bacias tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro**. In: Simpósio Regional de Geologia, 4, São Paulo, 1983. Bol. Resumos... São Paulo, SBG. p.23-24.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G. & FERRARI, A.L. 2004. **Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil**. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C. & BRITO NEVES, B.B. (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida: Beca Produções Culturais Ltda, p. 383 – 405.
- RUST, B. R., and KOSTER E. H., 1984, **Coarse alluvial deposits, in Walker, R. G., ed., Facies Models (2nd Ed.)**: Geoscience Canada, Reprint Se. 1 p 54-55
- SALVADOR, E.D. 1994. **Análise tectônica do vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ)**. São Paulo, 157p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- SALVADOR, E.D. & RICCOMINI, C. 1995. **Neotectônica do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil)**. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 25(3):151-164.
- SANSON, M. S. R. 2004. **Análise Estratigráfica da Formação Resende: caso de estudo de uma sequência rift na bacia de Resende, RJ**. Monografia de Graduação (Geologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 55 p.
- SANSON, M. DE S.R. 2006. **Sistemas deposicionais aluviais e tectônica rúptil cenozoica na região de Volta Redonda (RJ) – Rift Continental do Sudeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado (Geologia). 169 p.

SANSON, M. DE S.R.; RAMOS, R.R.C. & MELLO, C. L. 2006. **Bacias sedimentares brasileiras, Bacia de Volta Redonda**. Fundação Paleontológica Phoenix, 88: 1 – 6.

SPEARING, D. R., 1974, **Summary sheet of sedimentary deposits**. Geological Society of America Maps and Charts M-8, New York, 6p

SILVA, A. J., DE ARAGÃO, M. N., & MAGALHÃES, A. C. (2008). **Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil (Vol. 1)**. São Paulo, Brasil: Beca.

TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M. & ANDREIS, R.R. 2000. **The central segment of the Ribeira belt**, In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A. & CAMPOS, D.A. (eds.) Tectonic Evolution of South America. International Geological Congress, 854 p. USGS Products.

VALENÇA, J.G.; REIS, A.P.; CARVALHO FILHO, C.A.; SOARES FILHO, J.R.S. & BRAUN, P.V.C.B. 1983. **Geologia do complexo ígneo alcalino do Morro Redondo (município de Resende, Estado do Rio de Janeiro)**. An. Acad. bras. Ci., 55:135-136.

VALERIANO, C.M. & HEILBRON, M. 1993. **A zona de transtensão de Volta Redonda e sua importância na junção entre os riftes do Vale do Paraíba e o da Guanabara: dados preliminares**. Anais do III Simpósio de Geologia do Sudeste, Rio de Janeiro, Outubro/1993. SBG, Núcleos Rio de Janeiro/São Paulo, p. 9 – 16.

WHITE, R.S and MCKENZIE, D.P. (1989) **Magmatism at rift zones: The generation of volcanic continental margins and flood basalts**. Journal of Geophysical Research, 94, p. 7685 – 7729.

WENTHWORTH, C.K. 1922. **A scale of grade and class terms for clastic sediments**. Journal of Geology, **30**: 377-392.

ZALÁN, P. V. 1986. **A Tectônica Transcorrente na Exploração de Petróleo: uma revisão**. Ver. Bras. Geoc, 16, p. 245 – 257.

ZALÁN, P. V., OLIVEIRA, J. A. B. 2005. **Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil**. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 269 – 300.

