



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

Trabalho Final de Curso
(Geologia)

MINERAIS PESADOS DA FORMAÇÃO RESENDE
(BACIA DE RESENDE, ESTADO DO RIO DE JANEIRO)

RAUNIER VILLAIN FIUZA

Orientadores:

Claudio Limeira Mello (Depto. Geologia, IGEO/UFRJ)
Ciro Alexandre Ávila (Depto. Geologia e Paleontologia, MN/UFRJ)

DEZEMBRO DE 2010
RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL

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

Trabalho Final de Curso
(Geologia)

MINERAIS PESADOS DA FORMAÇÃO RESENDE
(BACIA DE RESENDE, ESTADO DO RIO DE JANEIRO)

RAUNIER VILLAIN FIUZA

APROVADA POR:

Prof. Dr Claudio Limeira Mello

Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila

Profa. Dra. Cícera Neysi de Almeida

Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos

DEZEMBRO DE 2010
RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL

FICHA CATALOGRÁFICA

FIUZA, RAUNIER VILLAIN

MINERAIS PESADOS DA FORMAÇÃO RESENDE (BACIA DE RESENDE, ESTADO DO RIO DE JANEIRO)

xiv, 62 pág., 29,7 cm (Instituto de Geociências – Departamento de Geologia – UFRJ, Monografia de Graduação, 2010).

Monografia: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia.

- 1- Minerais pesados
- 2- Estereomicroscopia
- 3- Formação Resende
- 4- Bacia de Resende
- 5- Estado do Rio de Janeiro

Dedico este trabalho aos meus pais Humberto Augusto Nestal Fiuza e a Maria Madalena Villain e as minhas irmãs Patrícia Villain de Souza e Carla de Souza Danielli.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Jesus Cristo, filho único de Deus, por ter me dado a vida.

Ao meu pai, Humberto Augusto Nestal Fiuza, e a minha mãe, Maria Madalena Villain, pelos conselhos, apoio, ensino, amor e dedicação.

Aos meus avós, irmãs, tios e primos, pela torcida incondicional.

Aos meus orientadores e amigos Claudio Limeira Mello e Ciro Alexandre Ávila, pelo ensino e orientação.

Aos professores Aristóteles de Moraes Rios Netto e Leonardo Fonseca Borghi de Almeida, pelas facilidades oferecidas para o uso dos estereomicroscópios.

Ao técnico Roberto Gomes da Silva, do Laboratório de Sedimentologia (LAGESED) do Departamento de Geologia da UFRJ, pelo auxílio na etapa de separação eletromagnética dos minerais.

A todos os integrantes do grupo de pesquisa coordenado pelo Prof. Dr. Claudio Limeira Mello, em especial ao Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos, à geóloga Thaís Coelho Brêda e aos alunos – futuros geólogos – Pedro Henrique Walter e Dandara David Braga, pela pelas idéias, sugestões e discussões.

Aos amigos Anderson Araújo Soares, Eduardo Manelli Riva, Fabio Belchior Costa, Filipe Menezes Rocha, Pablo Ventin Varela, Rodrigo Telles Garcia, Thiago Sodré, Clara Ferrer, Júlia Campos, Marcela Lages, Paloma Guimarães e Tuany Fatah que me apoiaram, incentivaram e me acompanharam nesses cinco anos de UFRJ.

No princípio era o Verbo, o Verbo estava com Deus, o Verbo era Deus. Ele estava no princípio com Deus. Todas as coisas foram feitas por intermédio dele e sem ele nada do que foi feito se fez.
(João 1:1-3)

RESUMO

Fiuza, Raunier Villain. **MINERAIS PESADOS DA FORMAÇÃO RESENDE (BACIA DE RESENDE, ESTADO DO RIO DE JANEIRO)**. 2010. xiv, 62 pág. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A Formação Resende é o principal registro litoestratigráfico da bacia de Resende, que está inserida no segmento central do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, apresentando a maior extensão e o maior volume de material entre as unidades na bacia. Esta unidade possui idade do Eoceno-Oligoceno e é composta por sedimentos de origem fluvial (arenitos arcoseanos médios a grossos com estratificação cruzada acanalada, siltitos, argilitos e conglomerados finos a médios, maciços ou com estruturas cruzadas) e de leques aluviais (lamitos arenosos e brechas clasto-suportadas). O principal recurso mineral extraído da unidade é água, sendo o principal aquífero da região. O presente trabalho tem como objetivo identificar e descrever os minerais pesados presentes nas rochas sedimentares da Formação Resende. Foram analisadas amostras de sete pontos ao longo da bacia, envolvendo as seguintes etapas: quarteamento; separação granulométrica; separação densimétrica; separação magnética; separação eletromagnética; identificação e descrição em estereomicroscópico; e estimativa de frequência. A mineralogia básica encontrada foi ilmenita, granada incolor, granada rosa, granada vermelha, turmalina, monazita cristalina, monazita terrosa, monazita caramelo opaca, cianita, estaurolita, apatita, rutilo, muscovita, biotita, hidrobiotita, zircão, quartzo e feldspato, todos apresentados em angulosidade. Esses minerais no entanto não se apresentam distribuídos de forma equânime ao longo da Formação Resende. Comparando esses dados com a bibliografia pesquisada pode-se confirmar a proposta de diversos autores que o embasamento proximal da bacia serviu como principal fonte de sedimentos para a bacia, mas não foi possível determinar qual das bordas teve maior influência, se a borda norte ou sul.

Palavras-chave: Bacia de Resende, Formação Resende, Estado do Rio de Janeiro, Minerais pesados, estereomicroscopia.

ABSTRACT

Fiuza, Raunier Villain. **HEAVY MINERALS FROM RESENDE FORMATION (RESENDE BASIN, STATE OF RIO DE JANEIRO)**. 2010. xiv, 62 pág. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Resende Basin located in central region of the Southeast Brazilian Continental Rift, and its principal unit is The Resende Formation (Eocen-Oligocen), wich represents the major space extension among the units and the major volume of material and formed by fluvial sediments originated, consisted by medium and coarse arcosean sandstone with crossbed stratification, siltit, claystones, and conglomerates, between finn and coarse, massive or with crossbed stratification, and material from alluvials fans, consisted by sandy mudstone and breccias suportated by clasts. The principal mineral resource explored is water. The present study has as an objective to indentify and describe the heavy minerals in rocks of Resende Formation (Resende basin, RJ). The methodology applied in these study is: collection of samples of sedimentary rocks in seven outcrops of Resende Formation along the basin, this material processed in laboratory following the quartering, granulometric, desimetric, magnetic, electromagnetic and steromicroscopic separation wich allowed to identify the heavy minerals. The main mineralogy described is ilmenite, colorless ganet, pink garnet, red garnet, tourmaline, monizite, kyanite, staurolite, apatite, rutile, muscovite, biotite, hidrobiotite, zircon, quartz, feldspar, all of them showing angulosity. These minerals have a irregular spread in the Resende Formation. Comparing this material with the Resende basin bibliography confirmed the proximal basement of the basin is the most important souce of sediment during the filling of Resende Formation, but it's impossible to conclude wich border of the basin is most expressive area of source of sediments, north or south.

Key-Words: Resende Basin, Resende Formation, State of Rio de Janeiro, heavy minerals, stereomicroscope.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Mapa geológico da bacia de Resende, mostrando a localização dos pontos de amostragem na Formação Resende.	2
Figura 2 - Uso de imã de mão para a retirada de minerais ferromagnéticos (ex. magnetita).	3
Figura 3 - Separador eletromagnético Frantz, do Laboratório de Sedimentologia Analítica do Departamento de Geologia/UFRJ.	6
Figura 4 - Estereomicroscópio da marca Carl Zeiss, modelo Steni SV11 (6-66X), do Laboratório de Bioestratigrafia e Paleocologia (LabMicro) do Departamento de Geologia/ UFRJ.	6
Figura 5: Classificação do grau de arredondamento e esfericidade de um grão (Powers, 1953 <i>apud</i> Blatt, 1982).	7
Figura 6 - Estereomicroscópio da marca Carl Zeiss, modelo Discovery V12, do Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESED) do Departamento de Geologia/ UFRJ.	8
Figura 7 - Mapa de localização geográfica da bacia de Resende (extraído de Albuquerque 2001)	9
Figura 8 - Estruturação geológica da região sudeste do Brasil, indicando a localização da bacia sedimentar de Resende no RCSB (Sanson 2006)	10
Figura 9 - Mapa geológico simplificado do segmento central da Faixa Ribeira, com destaque para as bacias de Resende e Volta Redonda, e as rochas que compõem seu embasamento (Sanson 2006, modificado de Heilbron <i>et al.</i> 2004).	11
Figura 10 - Diagrama estratigráfico da bacia de Resende (Ramso <i>et al.</i> , 2005)	14
Figura 11 - Desenho esquemático mostrando a evolução do <i>Rift</i> Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989). (1) Fase formadora, com campo de esforços distensivos de direção NNW-SSE, que gerou a depressão original da bacia. (2) Primeira fase deformadora, com transcorrência sinistral de direção E-W e distensão NW-SE. (3) Segunda fase deformadora, representada por uma transcorrência dextral, com compressão NW-SE. (4) Terceira fase deformadora, representada por um campo de esforços distensivos WNW- ESE, gerador do atual contorno dos sedimentos dispostos na bacia.	17

Figura 12 - Diagrama estratigráfico da bacia de Resende (Ramos 2003) e fases tectônicas cenozóicas deformadoras (Albuquerque 2004)	19
Figura 13 - Grãos de ilmenita, de cor preta e com brilho metálico, subangulosos e com baixa esfericidade	20
Figura 14 - Granada de cor rosa (provavelmente espessartita), com brilho vítreo, fraturas subconchoidais e alta esfericidade.	21
Figura 15 - Granada vermelha, translúcida e de brilho vítreo. É possível observar a presença das arestas da forma dodecaédrica.	22
Figura 16 - Estauroлита de cor castanho, translúcida e de brilho vítreo. Os grãos apresentam baixa esfericidade e são subangulosos, com exceção do exemplar mais a direita que é muito anguloso.	23
Figura 17 - Psilomelana de cor preta, opaca, brilho fosco, hábito botrioidal, associada a grão de quartzo (mineral transparente na base).	24
Figura 18 - Monazita cristalina, de cor amarelo claro, translúcida, com brilho vítreo. Na figura podem ser observados os dois tipos de grãos: fragmentos com baixa esfericidade e muito angulosos, e grãos com alta esfericidade e subarredondados.	25
Figura 19 - Hidrobiotita de cor dourada, brilho ceroso e hábito micáceo. Suas formas apresentam certo desgaste mecânico, pois não é possível observar a forma hexagonal típica da biotita/hidrobiotita.	25
Figura 20 - Turmalina castanha, translúcida, brilho vítreo, fratura subconchoidal, com baixa esfericidade e alta angulosidade.	26
Figura 21 - Iotita preta, de brilho metálico, junto a um grão de quartzo	27
Figura 22 - Monazita terrosa de cor bege, brilho resinoso e superfície áspera. Os grãos apresentam-se na forma de fragmentos, variando entre esféricos e pouco esféricos e de angulosos a subangulosos.	28
Figura 23 - Muscovita incolor, translúcida, de hábito placóide e brilho submetálico. O exemplar da esquerda apresenta forma angulosa e perda da forma hexagonal pelo desgaste mecânico; o exemplar da direita apresenta a forma hexagonal mais bem preservada.	28
Figura 24 - Anatásio de cor azul claro, translúcido e brilho vítreo. Sua forma é bipiramidal, o que permite classificá-lo como de alta esfericidade.	29
Figura 25 - Zircões metamíticos, de brilho resinoso. Suas formas são de prismas	30

bipiramidais.

Figura 26 - Cianita branca, opaca, com forma subangulosa. 30

Figura 27 - Apatita incolor, translúcida, de hábito prismático (prisma hexagonal alongado) com algumas ranhuras laterais. Suas pontas apresentam-se quebradiças. 31

Figura 28 - Rutilo vermelho claro, translúcido, de brilho vítreo. O exemplar na parte superior da imagem apresenta fraturas irregulares. Já os dois exemplares de baixo apresentam hábito parcialmente preservado. 31

Figura 29 - Fragmento lítico esférico e subanguloso 32

Figura 30 - Localização dos pontos amostrados sobre o mapa geológico da bacia de Resende e a interpretação de provável proveniência (segundo Brêda, 2010). 34

LISTA DE ESTAMPAS

	Pág.
Estampa A: metodologia aplicada no laboratório para a concentração dos minerais	5
Estampa B: Histogramas dos minerais representativos da fração 0,3A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.	43
Estampa C: Histogramas dos minerais representativos da fração 0,5A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.	45
Estampa D: Histogramas dos minerais representativos da fração 0,8A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.	47
Estampa E: Histogramas dos minerais representativos da fração 1,0A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.	49
Estampa F: Histogramas dos minerais representativos da fração 1,5A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço	51
Estampa G: Histogramas dos minerais representativos da fração amperagem máxima nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.	53
Estampa H: Histogramas dos minerais representativos da fração não atraível nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.	55

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - faixas de susceptibilidade magnética dos principais minerais encontrados nos concentrados de bateia. O traço indica que o mineral pode ocorrer antes ou depois da principal faixa de atração. (modificado de Pereira <i>et al.</i> , 2005)	7
Tabela 2- Minerais pesados identificados no ponto da Fábrica do Doce.	35
Tabela 3- Minerais pesados identificados no ponto da Fazenda Limeira.	36
Tabela 4- Minerais pesados identificados no ponto da Seção-Tipo da Formação Resende.	37
Tabela 5- Minerais pesados identificados no ponto da MOD-17.	38
Tabela 6- Minerais pesados identificados no ponto da Ponte dos Arcos.	39
Tabela 7- Minerais pesados identificados no ponto da Guardian	40
Tabela 8- Minerais pesados identificados no ponto da Ferrovia do Aço.	41

SUMÁRIO

	Pág.
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	2
3 – METODOLOGIA	2
3.1 – ATIVIDADES LABORATORIAIS	3
4 – ÁREA DE ESTUDO	9
4.1 – GEOLOGIA REGIONAL	10
4.2 – ESTRATIGRAFIA DA BACIA DE RESENDE	13
4.3 – TECTÔNICA CENOZÓICA	16
5 – RESULTADOS	20
5.1 – DESCRIÇÃO MINERALÓGICA	20
5.2 – DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DOS MINERAIS PESADOS	33
5.3 – FÁBRICA DO DOCE	35
5.4 – FAZENDA LIMEIRA	36
5.5 – SEÇÃO-TIPO DA FORMAÇÃO RESENDE	37
5.6 – MOD-17	38
5.7 – PONTE DOS ARCOS	39
5.8 – GUARDIAN	40
5.9 – FERROVIA DO AÇO	41
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

A bacia de Resende é alvo de estudos no campo científico desde 1884 (Ramos 2003). A primeira proposta para a sua estratigrafia foi apresentada por Amador (1975) e diversos outros trabalhos buscaram refinar a estratigrafia da mesma (Melo *et al.* 1985a, Riccomini 1989, Ramos 1997, Ramos 2003, Ramos *et al.* 2005, Ramos *et al.* 2006) ou propuseram modelos e revisões no campo dos estudos tectono-sedimentares (Melo *et al.* 1985b, Riccomini 1989, Albuquerque 2001, Ramos 2003, Albuquerque 2004, Zalán & Oliveira 2005) e de caracterização de sistemas deposicionais (Amador 1975, Melo *et al.* 1985a, Riccomini 1989, Ramos 1997, Ramos 2003, Ramos *et al.* 2005, Ramos *et al.* 2006, Garcindo 2009).

Segundo Melo *et al.* (1985b), o substrato da bacia de Resende é constituído por rochas pré-cambrianas polideformadas. Pereira (2001) afirma que a estratigrafia do embasamento não foi devidamente elucidada devido ao grau de complexidade da geologia local, considerando também que ainda são muito imprecisos os limites geográficos das unidades, bem como a evolução geológica e tectônica. Sobre o embasamento próximo à bacia, têm-se os trabalhos de Pereira (2001), que enfoca a geologia da porção sul, enquanto Costa & Raposo (1982, 1983) e Heilbron *et al.* (2003), descrevem a geologia da porção norte.

Alguns trabalhos, nos últimos anos, têm buscado apresentar modelos deposicionais e de caracterização de reservatórios da bacia de Resende, a partir de estudos de afloramentos, descrição de testemunhos e caracterização petrográfica (Ramos 1997, Ramos 2003, Barboza 2009, Garcindo 2009). De forma mais específica, Brêda (2010) fez estudos petrográficos para a determinação da proveniência de arenitos da Formação Resende, principal preenchimento sedimentar da bacia, indicando a forte influência de granitóides da borda sul e menor influência das rochas da borda norte.

Neste contexto, a presente monografia visa a preencher uma lacuna na investigação da proveniência dos depósitos da Formação Resende, destacando a importância da descrição dos minerais pesados.

2. OBJETIVO

A presente monografia teve como objetivo identificar e descrever os minerais pesados presentes em rochas sedimentares da Formação Resende, como forma de contribuir para a determinação, de forma mais precisa, das rochas do embasamento que serviram de fonte de sedimentos para a Formação Resende.

3. METODOLOGIA

Para esse estudo foram selecionados sete afloramentos da Formação Resende, os quais estão distribuídos ao longo da bacia, numa direção SW- NE, a fim de que se tivesse a melhor representação da área. No mapa geológico (Figura 1), retirado de Ramos (2003), estão plotados os pontos de coleta das amostras.

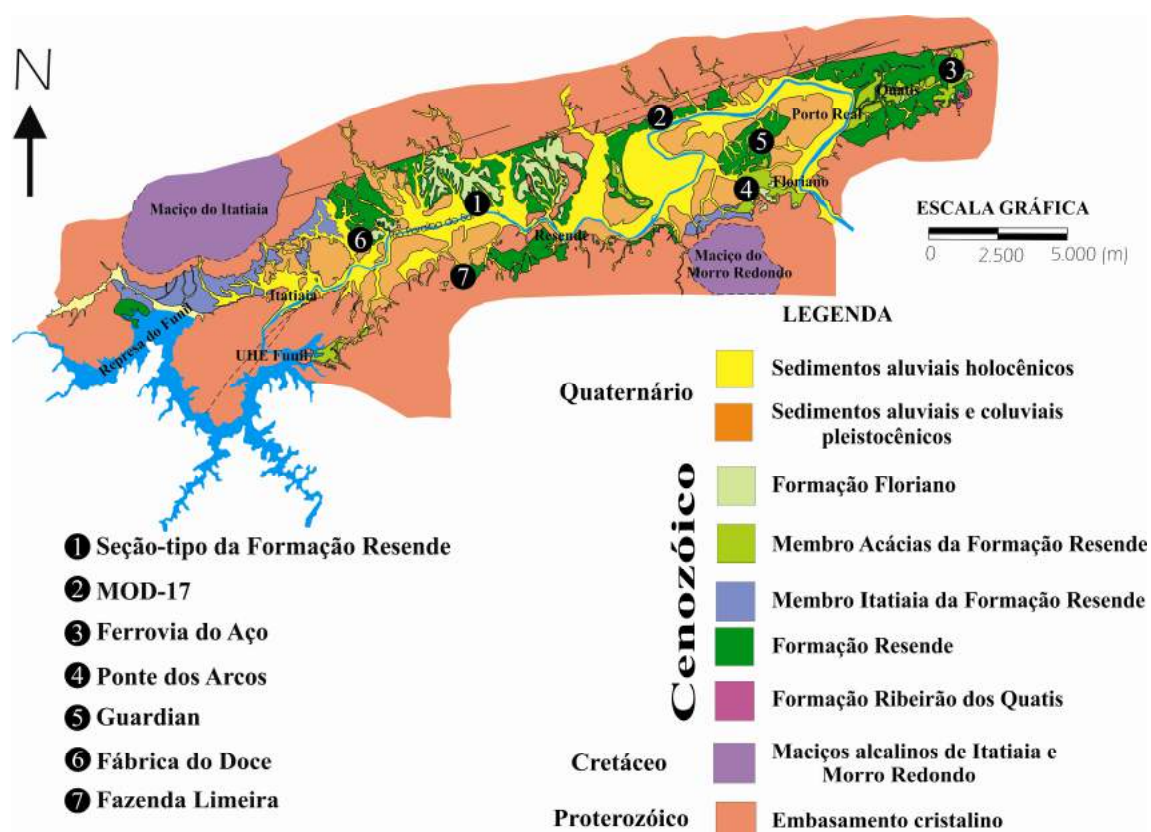


Figura 1 - Mapa geológico da bacia de Resende, mostrando a localização dos pontos de amostragem na Formação Resende.

As amostras de arenitos fluviais da Formação Resende foram coletadas por Thaís Brêda durante trabalhos de campo relacionados à confecção de sua monografia de graduação (Brêda, 2010), cada uma com aproximadamente 10 kg de sedimentos pouco consolidados.

No presente estudo, foram realizadas as atividades de laboratório necessárias para a caracterização dos minerais pesados, descritas a seguir.

3.1 Atividades Laboratoriais

As atividades laboratoriais foram realizadas em diversos laboratórios da UFRJ e do CETEM.

A primeira etapa foi realizada no CETEM (Centro de Tecnologia Mineral), onde foi retirada uma parcela representativa do material de cada uma das amostras dos sete pontos da Formação Resende, seguindo metodologia aplicada pelo laboratório (Góes *et al.* 2004, Oliveira & Aquino 2007). Essa metodologia consiste nos seguintes procedimentos (estampa A): (1 e 2) destorroamento, homogeneização e empilhamento do material para formar pilhas cônicas; (3) retirada de parcelas da pilha cônica com o auxílio de uma espátula de 20 cm e espalhamento desse material retirado para formar uma pilha longitudinal de 1,0m; (4) lavagem da pilha longitudinal em um conjunto de peneiras, a fim de ser retirado o material argiloso e os fragmentos maiores que grânulos ($<0,0062\text{mm}$ e $>2\text{mm}$, respectivamente); (5) após a lavagem, o material na fração areia foi colocado em uma estufa, onde a água residual foi evaporada; (6) separação densimétrica (com uso de bromofórmio, líquido de densidade de 2,89), visando o estudo do material com densidade superior a 2,89.

A segunda etapa foi realizada no Laboratório de Sedimentologia Analítica do Departamento de Geologia/UFRJ, onde o material concentrado no CETEM foi tratado de duas maneiras. A primeira, magnética, consistiu em retirar os minerais ferromagnéticos (magnetita), com o auxílio de um imã de mão (Figura 2). Na segunda, o material não atraído pelo imã foi processando no Separador Eletromagnético Frantz (Figura 3), nas frações 0,3A; 0,5A; 0,8A; 1,0A; 1,5A e na amperagem máxima.



Figura 2 - Uso de imã de mão para a retirada de minerais ferromagnéticos (ex. magnetita).

ESTAMPA A

Estampa A: metodologia aplicada no laboratório para a concentração dos minerais pesados.

Foto 1: Destorroamento e homogeneização do material a ser estudado.

Foto 2: Montagem de pilhas cônicas com o material a ser estudado.

Foto 3: Retirada de 5 parcelas da pilha cônica com uma espátula e espalhamento desse material formando uma pilha longitudinal de 1,0m.

Foto 4: Lavagem da pilha longitudinal em um conjunto de peneiras, a fim de ser retirado o material argiloso e os fragmentos maiores que grânulos ($<0,0062\text{mm}$ e $>2\text{mm}$, respectivamente).

Foto 5: Uso de estufa para secagem dos minerais pesados.

Foto 6: Separação densimétrica dos minerais pesados com o uso de bromofórmio (líquido de densidade de 2,89).

ESTAMPA A





Figura 3 - Separador eletromagnético Frantz, do Laboratório de Sedimentologia Analítica do Departamento de Geologia/UFRJ.

A terceira etapa foi realizada no Laboratório de Bioestratigrafia e Paleocologia (LabMicro) do Departamento de Geologia/UFRJ, com o uso de um estereomicroscópio (Figura 4) da marca Carl Zeiss, modelo Steni SV11 (6-66X), onde foram identificados os minerais presentes em cada fração eletromagnética. Para a identificação dos minerais foi observada inicialmente a amperagem em que se estava trabalhando, pois cada mineral tem a tendência a ser mais suscetível em uma certa amperagem (Tabela 1). Em um segundo momento foram observados: cor, forma, brilho, clivagem, fratura, arredondamento e esfericidade (Figura 5). Nesta etapa, fez-se também a estimativa da participação dos minerais identificados em cada ponto, com base em uma análise visual.



Figura 4 - Estereomicroscópio da marca Carl Zeiss, modelo Steni SV11 (6-66X), do Laboratório de Bioestratigrafia e Paleocologia (LabMicro) do Departamento de Geologia/UFRJ.

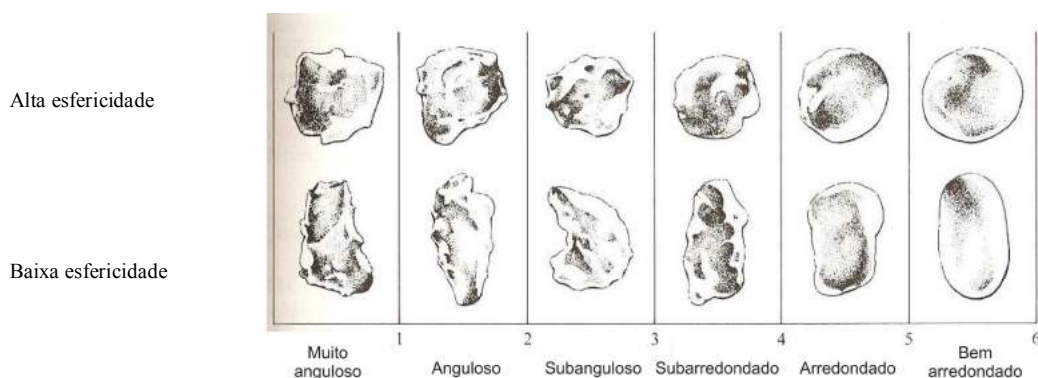


Figura 5: Classificação do grau de arredondamento e esfericidade de um grão (Powers, 1953 *apud* Blatt, 1982).

Tabela 1 - Faixas de susceptibilidade magnética dos principais minerais encontrados nos concentrados de bateia. O traço indica que o mineral pode ocorrer antes ou depois da principal faixa de atração (modificado de Pereira *et al.*, 2005).

mineral	magnético	não magnético	mineral	magnético	não magnético
allanita	0,4A- 0,5A		leucoxênio	0,4A-	
anatásio		X	limonita	0,4A - 0,5A	
andalusita	A máx.	-	pirita epigênica	0,4A - 0,5A	
apatita	A máx	-	microlita		X
arsenopirita		X	molibdenita		X
barita	0,5A	X	monazita	0,6A-	
biotita	1,0A - Amáx		ouro		X
calcopirita	-		psilomelana	0,3A	
cassiterita		X	pirita		X
cinábrio		X	pirocloro	0,8A	-
cianita		X	platina		X
columbita/tantalita	0,5A		rutilo		X
coríndon		X	scheelita		X
cromita	0,5A		sillimanita		X
diopsídio	0,5A-		titanita	1,0A - Amx	-
esfarelita	-	X	topázio		X
epídoto	0,5A		torita	A máx	
espinélio	0,5A-	-	tremolita-actinolita	0,8A	
espodumênio		X	turmalina preta	0,5A	
estauroлита	0,6A		turmalina castanha	0,8A	
estibinita		X	wolframita	0,4A- 0,5A	
fluorita		X	xenotímio	0,4A - 0,5A	
galena		X	zircão		X
granada	0,4A-				
hematita	0,3A-				
hornblenda	0,5A-				
ilmenita	0,3A				

A quarta etapa foi realizada no Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESED) do Departamento de Geologia/ UFRJ, onde foram obtidas fotos dos minerais, com o uso de estereomicroscópio Carl Zeiss, modelo Discovery V12 (Figura 6).



Figura 6 - Estereomicroscópio da marca Carl Zeiss, modelo Discovery V12, do Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESED) do Departamento de Geologia/ UFRJ.

A quinta etapa foi realizada em escritório, onde foram confeccionados textos referentes à descrição dos minerais identificados, tabelas que dividiam os minerais segundo a sua amperagem no Separador Frantz e suas respectivas porcentagens, e gráficos com a porcentagem dos minerais primários que não eram traços. Alguns minerais não foram passíveis de serem identificados (sempre ocorrendo em quantidades traços), e por isso não foram descritos nesse trabalho, apesar de estarem presentes nas tabelas com nomes genéricos de suas cores (preto, abóbora, branco), o que pode facilitar a realização e utilização dos mesmos em trabalhos futuros. Para tal identificação seriam necessárias análises químicas pontuais a partir da utilização de microscópio eletrônico de varredura e sistema de microanálise (MEV-EDS), que não foram objeto do presente estudo.

4. ÁREA DE ESTUDO

A bacia de Resende está localizada no médio do vale do Paraíba do Sul, em seu setor fluminense, no oeste do estado do Rio de Janeiro, região sudeste do Brasil (Figura 7). A bacia abrange áreas pertencentes aos municípios de Barra Mansa (distrito de Floriano), Quatis, Porto Real, Resende e Itatiaia (Ramos, 2003). Para se chegar à região utiliza-se a BR-116 (Via Dutra).

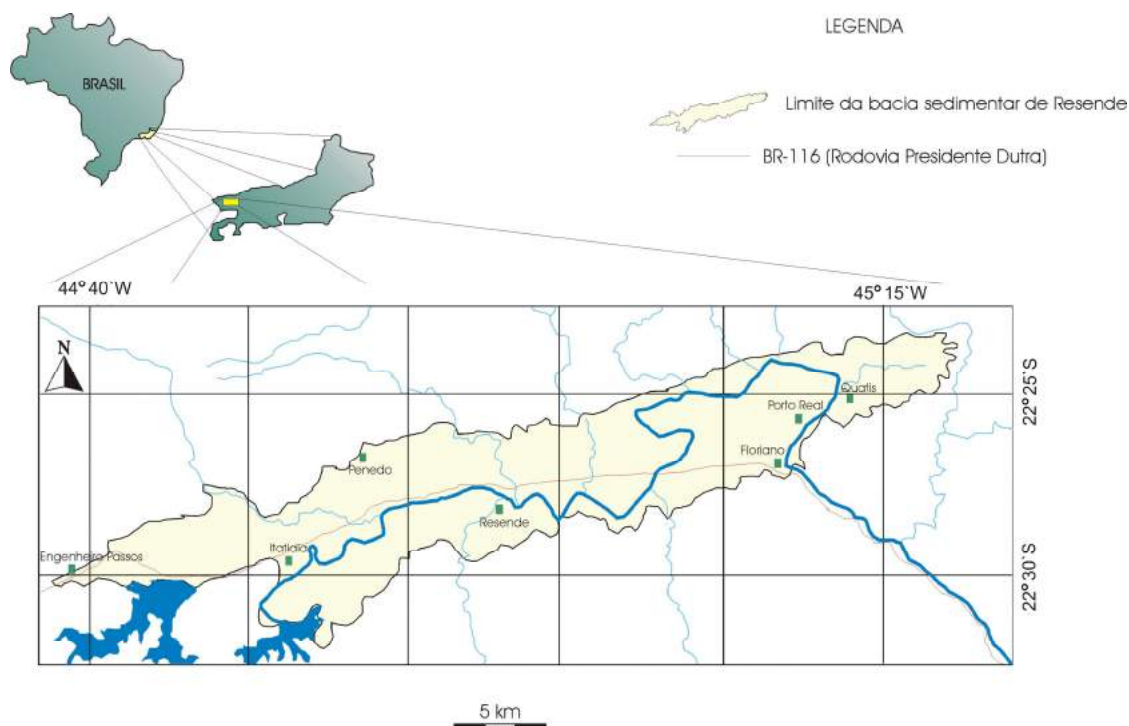


Figura 7 - Mapa de localização geográfica da bacia de Resende (extraído de Albuquerque 2001).

Segundo Ramos (2003), a bacia de Resende apresenta um comprimento de aproximadamente 47 km, com seu eixo alongado no sentido ENE-WSW (N75E). Sua largura média é de 4,5 km, variando entre 7,3 km (a oeste da cidade de Resende) e 1,2 km (a oeste da cidade de Itatiaia). A superfície de afloramento das rochas sedimentares paleogênicas/neogênicas e dos sedimentos quaternários é de cerca de 240 km² e a espessura estimada do pacote sedimentar alcança valores de até 550 m (Escobar 1999 *apud* Ramos 2003).

4.1. Geologia Regional

A bacia de Resende (Figura 8) encontra-se inserida no *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB - Riccomini 1989), junto com as bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté, Volta Redonda, Macacu, Itaboraí e o Gráben da Barra de São João (Sanson 2006), todas de idade paleogênica. Para determinar a evolução geotectônica da região, diversos autores propuseram termos que melhor se relacionavam com seus modelos como, por exemplo, Sistemas de Rifts da Serra do Mar (Almeida 1976), Bacias Tafrogênicas Continentais do Sudeste do Brasil (Melo *et al.* 1985b) e Sistemas de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (Zalán & Oliveira 2005).

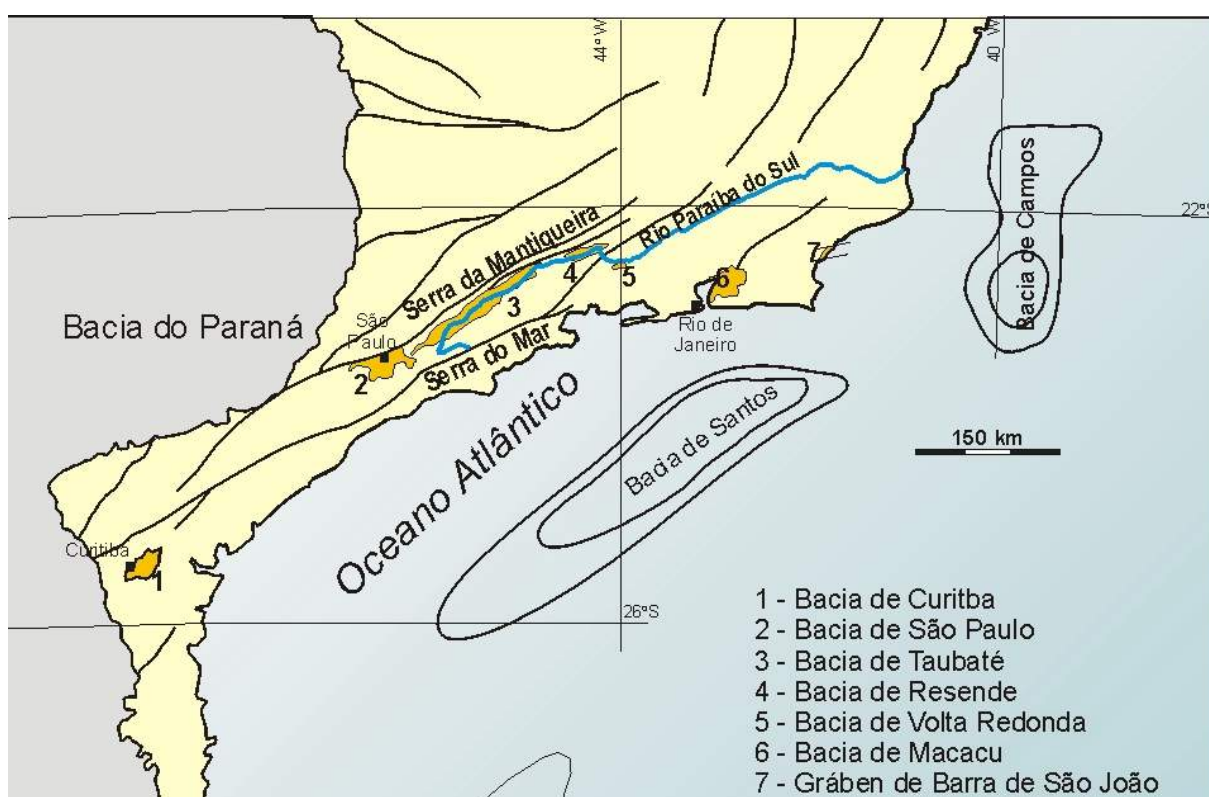


Figura 8 - Estruturação geológica da região sudeste do Brasil, indicando a localização da bacia sedimentar de Resende no RCSB (Sanson 2006).

Como embasamento da bacia de Resende, tem-se o segmento central da Faixa Móvel Ribeira (Figura 9), que é uma região composta de rochas metamórficas - de médio e alto grau - e plutônicas, com idades variando do Arqueano ao Neoproterozóico (Heilbron *et al.* 2004). Toda essa região sofreu a influência de diversas zonas de cisalhamento Ducteis, com uma orientação ENE a E-W, ativas até o final do Ciclo Brasileiro (Cambriano - Ordoviciano). Segundo Trouw *et al.* (2000) são zonas de cisalhamento dextrais, subverticais e profundas.

De acordo com Trouw *et al.* (2000) e Heilbron *et al.* (2004), a bacia de Resende situa-se sobre o denominado Terreno Ocidental, que é formado por um domínio cratônico autóctone, com gnaisses arqueanos a paleoproterozóicos recobertos por sequências supracrustais proterozóicas, e uma porção alóctone, que é o verdadeiro substrato da bacia, composta por um embasamento gnáissico paleoproterozóico recoberto por sequências metassedimentares clásticas.

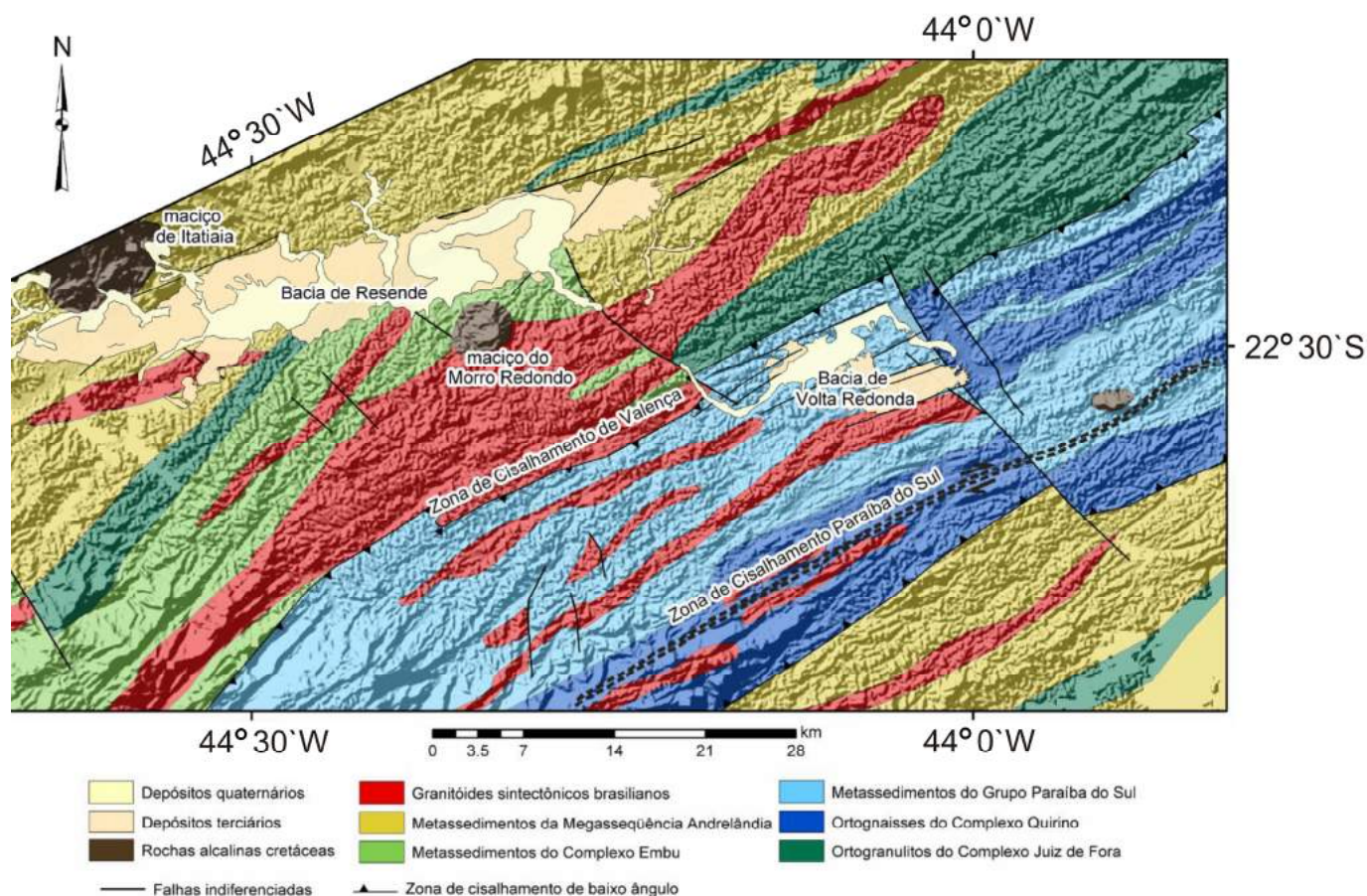


Figura 9 - Mapa geológico simplificado do segmento central da Faixa Ribeira, com destaque para as bacias de Resende e Volta Redonda, e as rochas que compõem seu embasamento (Sanson 2006, modificado de Heilbron *et al.* 2004).

Heilbron *et al.* (2004) caracterizaram o Terreno Ocidental com as seguintes unidades: Complexo Juiz de Fora, Megassequência Andrelândia, Terreno Embu e Complexo/Terreno Paraíba do Sul.

O Complexo Juiz de Fora foi definido como um conjunto heterogêneo de ortgranulitos paleoproterozóicos, com texturas variando entre granoblástica a milonítica, com composição variando entre charnockítica a enderbítica, com lentes de granulitos máficos, onde seus protólitos incluem granitóides cálcio-alcalinos de arco magmático

cordilherano e de arcos de ilhas, bem como granitóides colisionais (2,14 e 2,07 Ga). A mineralogia presente nesses corpos é ortopiroxênio, clinopiroxênio, plagioclásio, quartzo, hornblenda, biotita, opacos, granada, K-feldspato, apatita, zircão. Além disso, encontram-se metabasitos que foram agrupados em duas suítes: a primeira de tendência alcalina, de provável ambiente intraplaca (1,7 Ga); e a segunda mais heterogênea e formada por rochas toleíticas de assinaturas típicas de ambientes convergentes (Heilbron *et al.* 2004). A mineralogia presente nesses corpos é ortopiroxênio, clinopiroxênio, plagioclásio, quartzo, hornblenda, biotita, opacos, granada, k-feldspato, apatita, zircão (Heilbron *et al.* 2003, 2007).

A Megassequência Andrelândia foi definida como uma sucessão de rochas metassedimentares neoproterozóicas associadas a rochas meta-ígneas máficas. É caracterizada por biotita gnaisses bandados com intercalações de sillimanita-granada-biotita gnaisses, quartzitos, anfibolitos e rochas calcissilicáticas; sillimanita granada-biotita gnaisses bandados com intercalações de xistos, quartzitos, granada-cianita-K-feldspato gnaisses, anfibolitos, rochas ultramáficas e rochas na fácies granulito. A mineralogia básica das rochas desta unidade inclui com biotita, hornblenda, clinopiroxênio, granada, cianita, sillimanita, plagioclásio, K-feldspato, quartzo, muscovita, apatita, zircão, turmalina e opacos (Heilbron *et al.* 2003, 2007).

O Complexo Embu foi definido por uma sequência de rochas metassedimentares constituídas por micaxistos, quartzitos imaturos, rochas calciossilicáticas, biotita gnaisses finos, anfibolitos, gnaissse peraluminosos, plagioclásio-biotita gnaisses/xitos porfiroclásticos, gnaisses cálciossilicáticos, mármore e plutônicas graníticas. A mineralogia básica das rochas desta unidade inclui com biotita, sillimanita, muscovita, granada, estauroлита, hornblenda (Heilbron *et al.* 2007).

O Complexo/Terreno Paraíba do Sul é formado por uma sucessão metassedimentar compreendendo duas unidades: biotita gnaisses psamíticos e sillimanita-biotita gnaisses pelíticos. Essa sucessão ocorre em todas as escalas de observação e localmente são observados lentes centimétricas a métricas de rochas cálcio-silicáticas, sillimanita-quartzo xisto, gondito e mármore impuro, (Heilbron *et al.* 2007).

São encontradas também suítes de granitóides neoproterozóicos, diques de diabásio mesozóicos, corpos de rochas alcalinas eocretáceas a paleogênicas, diques e derrames ultramáficos (ankaramíticos) do Eoceno médio. Pereira (2001) descreveu a petrografia dos granitóides do Complexo Embu na região sul e sudoeste da bacia de Resende (granito São José do Barreiro, granito Funil, granitóide Rio Turvo e granitóide Taquaral). Para o granito

São José do Barreiro, identificou a seguinte mineralogia: quartzo, microclina, plagioclásio, biotita, zircão, apatita, ilmenita, muscovita e epidoto. Para o granito Funil, tem-se: plagioclásio, quartzo, microclina, biotita, apatita, titanita, zircão, allanita, magnetita, pirita, molibdenita, ilmenita. Para o granitóide Rio Turvo, tem-se: quartzo, feldspato, biotita, anfíobólio, biotita, andesina, microclina, muscovita, apatita. Para o granitóide Taquaral, tem-se: quartzo, microclina, plagioclásio, biotita, zircão, clorita, saussurita, muscovita.

Entre os corpos alcalinos, o maciço de Itatiaia é composto por quatro domínios: nefelina-sienitos; brechas magmáticas com matriz sienítica e fragmentos fonolíticos; quartzo-sienitos; e granitos alcalinos (Ribeiro Filho, 1967). O maciço do Morro Redondo, apresenta de forma predominante nefelina sienitos com granulação média a grossa e brechas traquíticas e fonolíticas (Brotzu *et al.* 1989). Ribeiro Filho (1967) descreveu a petrografia do maciço alcalino de Itatiaia: micropertita, albita, nefelina, feldspato, aegerinaugita, biotita, hornblenda, titanita (abundante), apatita, magnetita, zircão (raros), diopsídio, arfvedsonita, pertita, quartzo, riebeckita, clorita, sericita, siderita, calcita. Brotzu *et al.* (1989) descreveu a petrografia do maciço alcalino do Morro Redondo: plagioclásio, biotita, clinopiroxênios, álcali-feldspatos, nefelina, apatita, titanita, anfíobólio.

Pode-se afirmar que diversas unidades (compostas por variados tipos litológicos) contribuíram diretamente com os detritos que preencheram a bacia de Resende.

4.2. Estratigrafia da Bacia de Resende

A bacia de Resende foi dividida por Ramos *et al.* (2006) em três formações (Fm. Ribeirão dos Quatis, Fm. Resende e Fm. Floriano) - Figura 10, descritas a seguir.

A Formação Ribeirão dos Quatis, que constitui a unidade mais antiga, é restrita à porção oriental da bacia (Ramos *et al.* 2006). Seus depósitos são caracterizados por rochas conglomeráticas intercaladas com camadas areníticas e lentes pelíticas. Os conglomerados são maciços ou com estratificação mal definida, médios a grossos, constituídos por seixos bem arredondados de quartzo. Os arenitos apresentam laminações ou estratificações cruzadas acanaladas, com composição arcoseana e granulometria grossa a muito grossa. Em direção ao topo da unidade, predominam rochas areníticas, mas ainda contendo camadas intercaladas de conglomerados e também pelitos maciços, formando ciclos granodecrescentes (Ramos *et al.* 2006). Esses depósitos foram interpretados como provenientes de rios entrelaçados e sua deposição teria ocorrido antes da reativação dos sistemas de falhas de direção ENE-WSW que geraram o hemi-gráben da bacia de Resende no Eoceno (Ramos 2003).

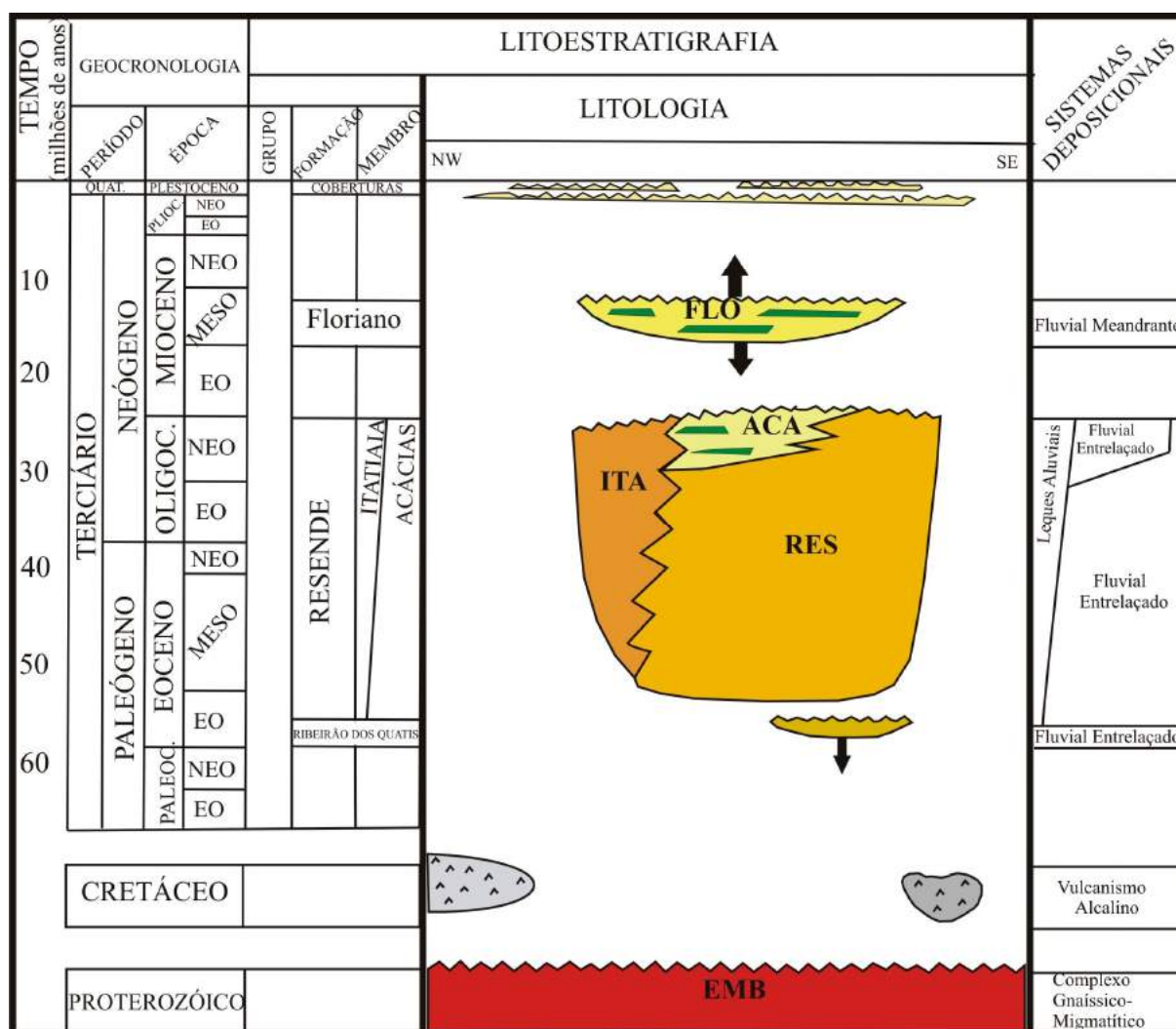


Figura 10 - Diagrama estratigráfico da bacia de Resende (Ramos *et al.*, 2005).

A Formação Resende, formalizada por Amador (1975), é considerada a principal unidade litoestratigráfica da bacia, tanto pela sua extensão areal, como pelo volume de sedimentos, que constituem a maior parte do preenchimento da bacia. Essa unidade tem seus depósitos associados a leques aluviais, formados principalmente na borda norte da bacia, e a depósitos fluviais axiais. Nos depósitos de leques aluviais são encontrados lamitos arenosos de coloração esverdeada e brechas clasto-suportadas; nos depósitos fluviais axiais são observados arenitos arcoseanos médios a grossos com estratificação cruzada acanalada, siltitos e argilitos maciços e, em menor proporção, conglomerados finos a médios, maciços ou com estruturas cruzadas acanaladas (Ramos *et al.* 2006).

Ramos *et al.* (2005, 2006) propuseram dois membros (Itatiaia e Acácias) para designar aspectos diferenciados da Formação Resende. O Membro Itatiaia é constituído

por depósitos rudíticos (brechas sustentadas por clastos, com arcabouço constituído por fragmentos subangulosos a arredondados de sienitos, micro-sienitos e fonolitos/traquitos com matriz areno-lamosa seixosa) e areníticos (arenitos com estratificação cruzada acanaladas e planares). Seus depósitos foram interpretados por Ramos *et al.* (2005, 2006) como pertencentes a leques aluviais proximais e medianos adjacentes aos maciços de Itatiaia e do Morro Redondo, com suas partes distais, onde há maior volume de material sedimentar, depositadas por fluxos trativos. Espacialmente, os depósitos do Membro Itatiaia encontram-se em posição estratigráfica lateral e contato gradacional com os depósitos da Formação Resende *stricto sensu* (Ramos 2003). O Membro Acácias compreende depósitos localizados na parte oriental da bacia, constituídos por ciclos granodecrescentes de espessuras de 2 a 3 m e classificados como depósitos de origem predominantemente fluvial (Ramos *et al.* 2005, 2006). Na base desses ciclos são encontrados conglomerados finos maciços, contendo intraclastos pelíticos, sotopostos a arenitos arcoseanos médios a grossos com estratificações acanaladas e, no topo, pelitos maciços ou gradados com espessuras desde centimétricas até métricas, geometria lenticular a tabular e cores esverdeadas a avermelhadas. Na extremidade leste da bacia, também podem ser observados depósitos apresentando lentes decimétricas de siltitos e argilitos, raramente laminados contendo fósseis de folhas (Ramos *et al.*, 2005).

Amador (1975) descreveu a seguinte composição de minerais pesados da Formação Resende: anfibólio, piroxênio, epidoto, granada, cianita, silimanita, estauroлита, andaluzita, zircão, andaluzita, rutilo, turmalina e monazita.

Brêda (2010) estudou a petrografia de arenitos fluviais da Formação Resende. Entre os pontos estudados por esta autora, cinco correspondem a pontos analisados no presente estudo: Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ferrovia do Aço, Ponte dos Arcos e Guardian. Em geral, de acordo com Brêda (2010), esses arenitos variam entre médios a grossos, mal a muito selecionados, com grãos variando entre angulosos e subangulosos, com esfericidade alta para os grãos de quartzo monocristalino e baixa a alta para os demais grãos. Foi identificada a presença de matriz do tipo epimatriz, gerada pela alteração dos feldspatos. Ocorre a predominância de quartzo com exceção de uma amostra na Seção-tipo da Formação Resende, em que os feldspatos são mais abundantes. O quartzo ocorre de quatro maneiras distintas (monocristalino não-ondulante, monocristalino ondulante, policristalino com dois ou três subgrãos, policristalino com mais de três subgrãos). Foram identificados quatro tipos de feldspatos (ortoclásio comum, ortoclásio micropertítico, microclina, plagioclásio). Muscovita, biotita, turmalina, clorita e minerais opacos são

acessórios nestas rochas. Brêda (2010) concluiu que a baixa maturidade textural e composicional dos depósitos estudados indica uma proximidade das áreas-fonte, além de rápida deposição em uma bacia com elevada taxa de subsidência. Os dados de proveniência indicaram uma forte contribuição de áreas compostas por rochas plutônicas graníticas, aflorantes no embasamento a sul da bacia de Resende, sendo identificada uma mistura de áreas-fonte, pois em um mesmo afloramento (Seção-tipo e Ponte dos Arcos), em que há quartzo de origem plutônica, ocorrem grãos de quartzo de origem metamórfica (médio a alto grau) e de ortoclásio micropertítico (rochas alcalinas do maciço de Itatiaia ou Morro Redondo).

A Formação Floriano foi descrita inicialmente por Amador (1975) e resgatada por Ramos (2003). Esta unidade se encontra sobre a Formação Resende, podendo estar disposta diretamente sobre o embasamento (Ramos 2003). Nos depósitos da Formação Floriano são encontradas camadas arenosas com geometria sigmoidal ou lenticular e camadas lamosas, formando ciclo granodecrescentes com espessuras de 2 até 3 m. Em sua base, os ciclos apresentam rochas conglomeráticas finas maciças ou com estratificações cruzadas acanaladas com abundantes intraclastos, capeadas por arenitos arcoseanos finos a médios, maciços ou com estruturas acanaladas, de tons avermelhados ou amarelados e pelitos maciços ou laminados. Ramos *et al.* (2005, 2006) interpretaram essa unidade como um sistema fluvial meandrante que colmatou a bacia de Resende.

4.3. Tectônica Cenozóica

Segundo Riccomini *et al.* (2004) diversos autores propuseram modelos para a geração e deformação do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), entre modelos geomorfológicos, tectônicos e erosivos. Segundo estes autores apenas a partir da década de 1970 os estudos na região relacionaram o RCSB à reativação no Cenozóico de falhas proterozóicas de direção NE-ENE. Essa reativação está intimamente associada ao processo distensivo final de abertura do oceano Atlântico Sul (Riccomini *et al.* 2004).

Almeida (1976) propôs um modelo relacionado a um evento termal, caracterizado por uma intumescência e afinamento da crosta continental no Mesozóico e um rifteamento caracterizado por esforços tectônicos distensivos com desenvolvimento de falhas normais.

Riccomini (1989) refinou o modelo proposto por Almeida (1976) e propôs o termo *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. Nesse modelo (Figura 11), este autor identificou uma fase formadora e três fases deformadoras.

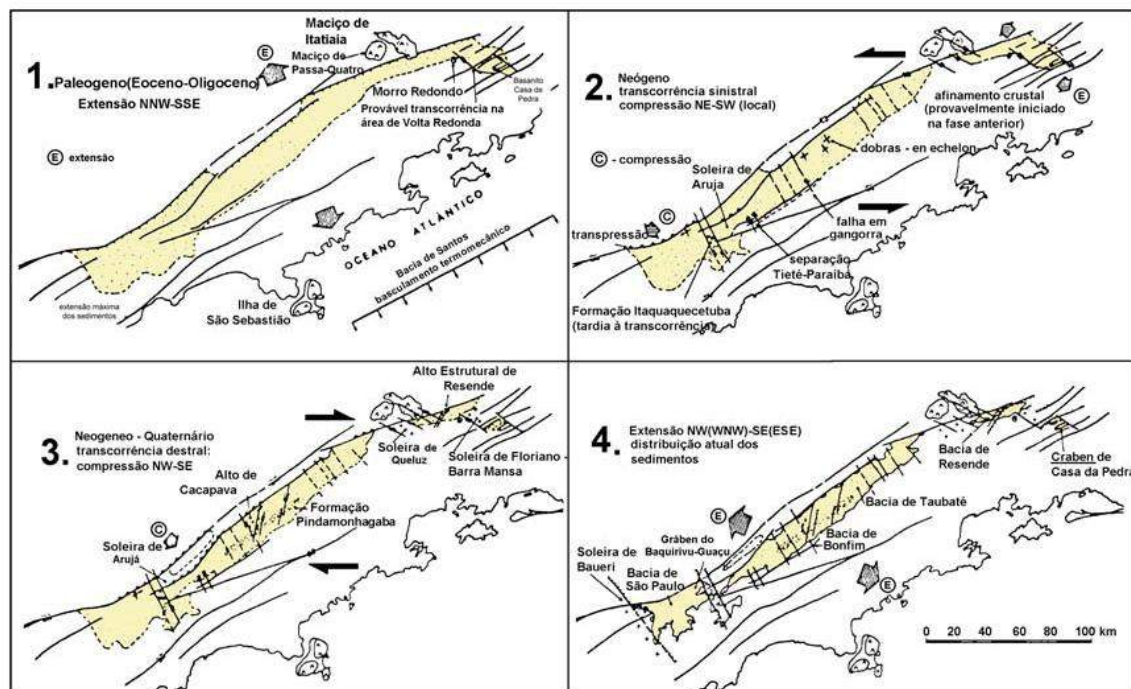


Figura 11 - Desenho esquemático mostrando a evolução do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989). (1) Fase formadora, com campo de esforços distensivos de direção NNW-SSE, que gerou a depressão original da bacia. (2) Primeira fase deformadora, com transcorrência sinistral de direção E-W e distensão NW-SE. (3) Segunda fase deformadora, representada por uma transcorrência dextral, com compressão NW-SE. (4) Terceira fase deformadora, representada por um campo de esforços distensivos WNW- ESE, gerador do atual contorno dos sedimentos dispostos na bacia.

A fase formadora foi caracterizada pela ação de um campo de esforços distensivos de direção NNW-SSE, no Paleógeno, que reativou como falhas normais antigas zonas de cisalhamento proterozóicas. Esse processo permitiu a formação da depressão original do rifte e concomitante preenchimento sedimentar e vulcânico. As fases deformadoras envolveriam novas reativações ao longo das falhas já existentes, e a formação de novas estruturas.

O primeiro evento deformador teria ocorrido no Mioceno, sendo associado a uma transcorrência sinistral de direção E-W, com distensão NW-SE e, localmente, compressão NE-SW. As estruturas envolvidas no movimento são falhas transcorrentes ou de empurrão, estas por vezes colocando blocos de rochas do embasamento sobre os depósitos sedimentares e aquelas controlando a instalação de bacias de pequenas dimensões.

O segundo evento deformador, que teria ocorrido entre o Pleistoceno superior a Holoceno, é caracterizado como uma transcorrência dextral E-W, com compressão NW-SE, onde as falhas das bordas da bacia foram reativadas com caráter transcorrente, inverso e/ou de empurrão, localmente cavalgando depósitos sedimentares paleogênicos. Ainda neste evento foram formados os altos estruturais que compartimentam as bacias, separando o registro paleogênico em bacias isoladas.

O terceiro evento deformador possui idade holocênica, e é caracterizado por uma distensão WNW-ESE, sendo interpretado como o gerador do contorno atual dos sedimentos dispostos na bacia.

Um quarto evento deformador foi definido por Salvador (1994) e Salvador & Riccomini (1995), representando uma nova variação no campo de esforços, associada a uma compressão E-W subatual. Como consequência, foram reativadas de forma inversa falhas de direção N-S e geradas famílias de juntas conjugadas de cisalhamento em depósitos colúvio-aluviais.

Albuquerque (2004) identificou na bacia de Resende (Figura 12) as três primeiras fases deformadoras de Riccomini (1989). A primeira, transcorrência sinistral, de orientação E-W, afetou os depósitos da Formação Resende. A segunda, uma transcorrência dextral de orientação E-W, deformou os depósitos das formações Resende e Floriano e os depósitos pleistocênicos. E, por último, uma distensão NW-SE afetou os depósitos paleogênicos, neogênicos, pleistocênicos e holocênicos da bacia de Resende.

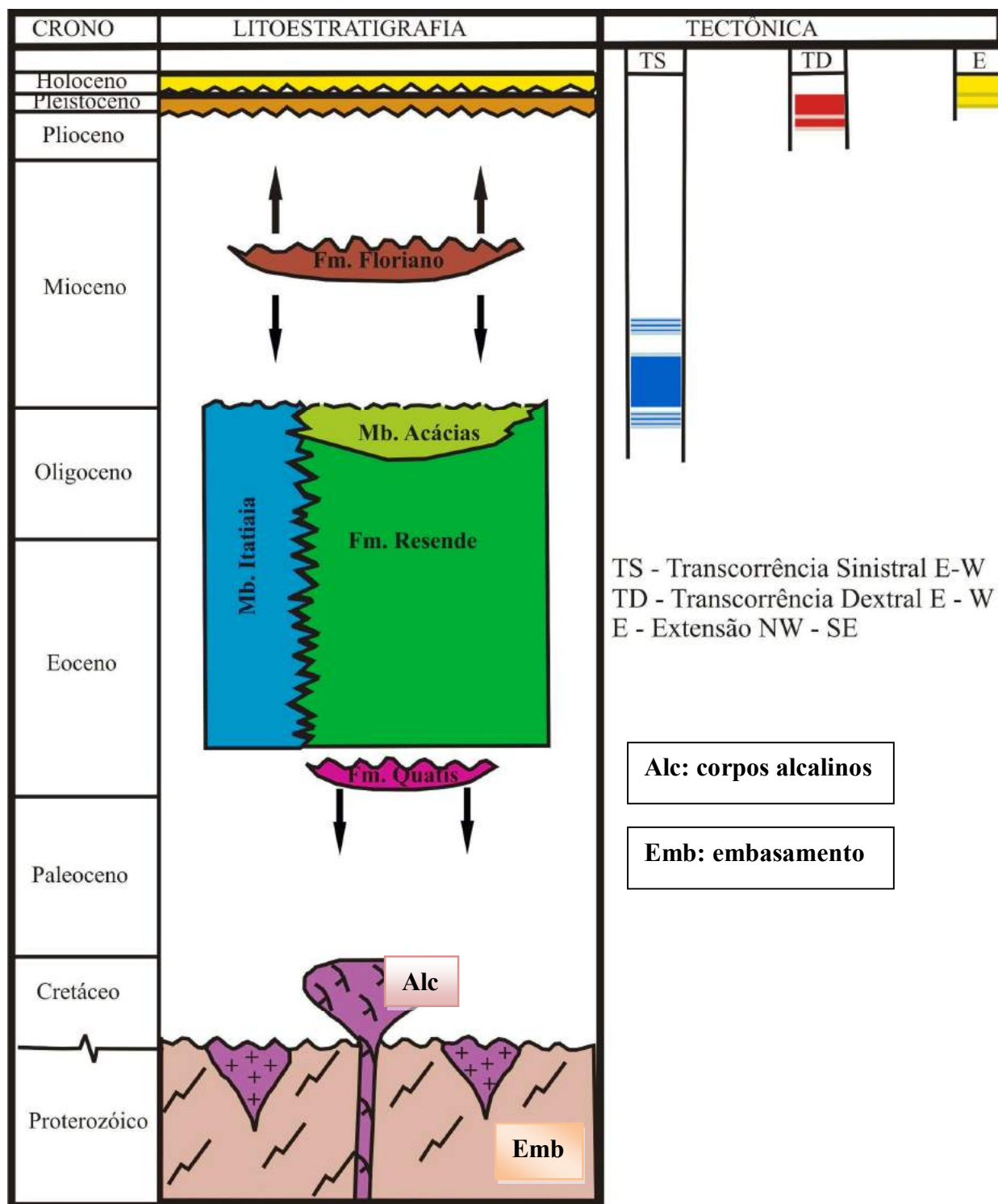


Figura 12 – Diagrama estratigráfico da bacia de Resende (Ramos 2003) e fases tectônicas cenozóicas deformadoras (Albuquerque 2004).

5. RESULTADOS

5.1. Descrição Mineralógica

A seguir, será apresentada a descrição dos principais minerais encontrados nos afloramentos estudados da Formação Resende

Fração Magnética

Magnetita [Fe_3O_4]: mineral de coloração variando desde avermelhada a preta acinzentada; apresenta uma superfície áspera, clivagem indistinta e fratura subconchoidal ou ausente; suas formas são de fragmentos muito angulosos, o que indicaria pouco ou quase nenhum transporte.

Fração 0.3A

Ilmenita [FeTiO_3]: mineral de cor caracteristicamente preta, sendo distinguidos dois grupos principais. O primeiro engloba grãos com brilho metálico (Figura 13) ou vítreo (possível enriquecimento de Mg), com formas romboédricas ou então achatados com base hexagonal. Esses grãos variam entre muito angulosos a subangulosos, com baixa esfericidade e fratura conchoidal. O segundo grupo contém grãos com brilho fosco, podendo conter leucoxênio nas bordas, forma romboédrica hexagonal preservada, com alta esfericidade e subangulosos.

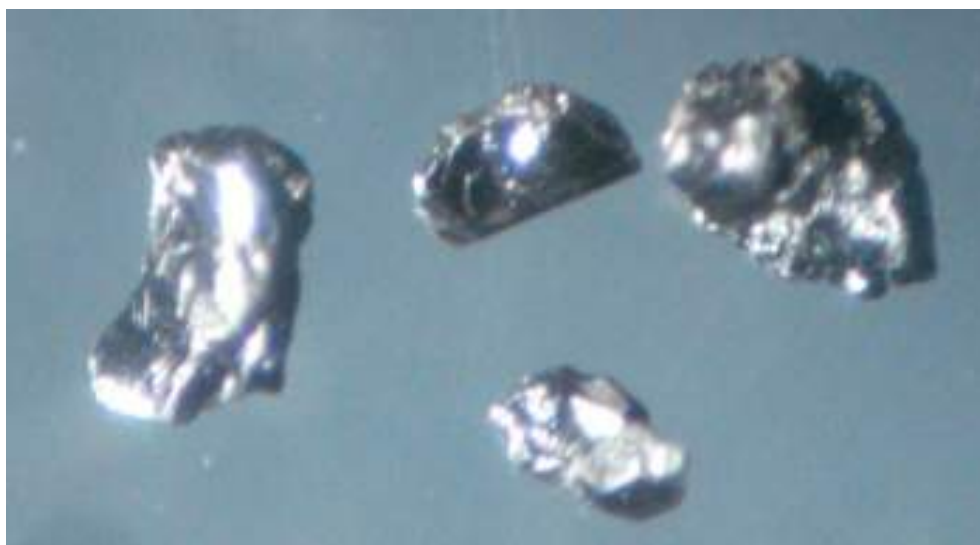


Figura 13 - Grãos de ilmenita, de cor preta e com brilho metálico, subangulosos e com baixa esfericidade.

Fração 0,5A

Granada incolor: mineral transparente, incolor e com brilho vítreo; apresenta-se com forma bem preservada, pois a maioria dos exemplares conservam algumas arestas e vértices da forma dodecaédrica, que confere um maior grau de esfericidade.

Granada rosa, muito provavelmente **espessartita** (Figura 14) $[\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{O}_{12})]$: mineral com brilho vítreo, reconhecido com dois tipos morfológicos. O primeiro conserva as formas dodecaédricas, que confere um maior grau de esfericidade para o mineral, e grãos variando entre muito angulosos e bem arredondados. O segundo grupo é representado por fragmentos gerados provavelmente pela fragmentação mecânica durante o transporte, sendo pouco esféricas e muito angulosas as partículas.

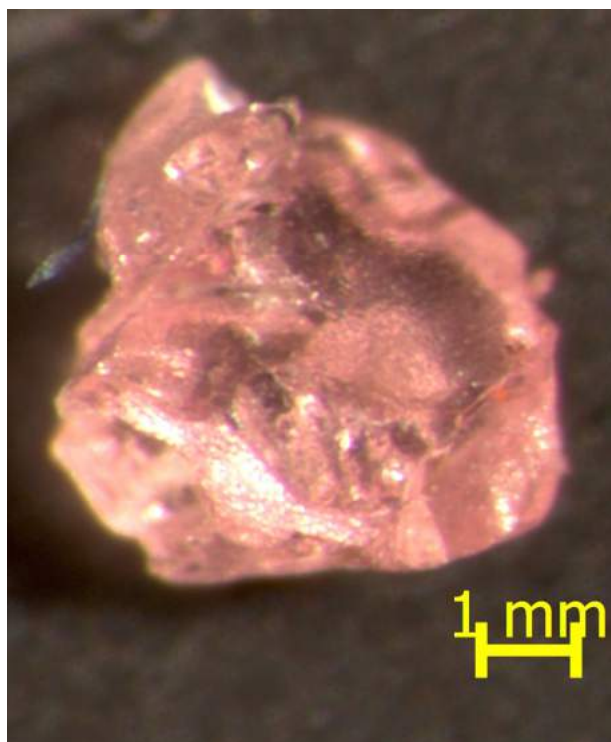


Figura 14 - Granada de cor rosa (provavelmente espessartita), com brilho vítreo, fraturas subconchoidais e alta esfericidade.

Granada vermelha $[\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3]$; A: Mg^{+2} , Fe^{+2} , Ca, Mn^{+2} ; B: Al^{+3} , Fe^{+3} , Cr]: mineral de brilho vítreo reconhecido com dois tipos. O primeiro apresenta formas dodecaédricas, conferindo um alto grau de esfericidade (Figura 15) e grãos variando entre muito angulosos e subangulosos. No segundo tipo não é possível identificar a forma dodecaédrica ou

qualquer outra que seja típica de granada, pois seus fragmentos têm baixa esfericidade e variam entre muito angulosos e angulosos.

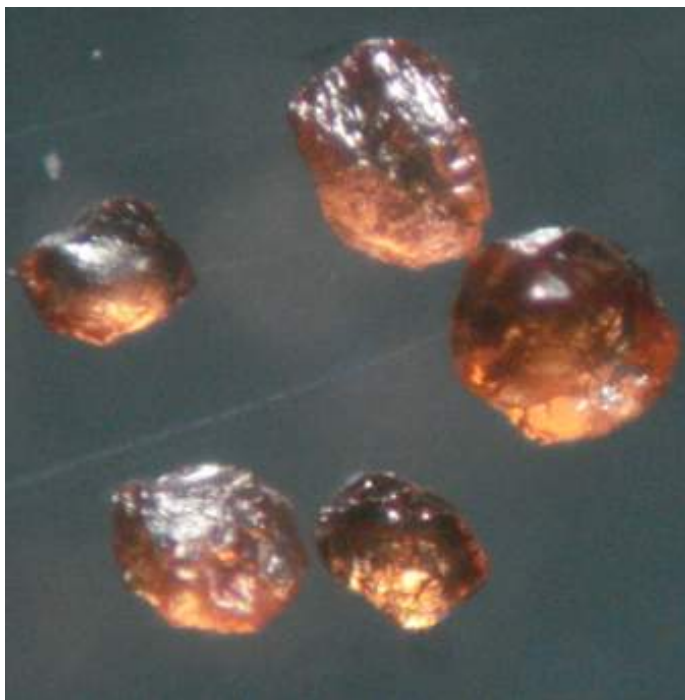


Figura 15 - Granada vermelha, translúcida e de brilho vítreo. É possível observar a presença das arestas da forma dodecaédrica.

Estauroлита $[(\text{Fe},\text{Mg})_2\text{Al}_9\text{O}_6[\text{SiO}_4]_4(\text{O},\text{OH})_2]$: mineral translúcido, de brilho vítreo, apresentando as cores castanho (Figura 16), castanho avermelhado, castanho claro e vermelho amarronzado, fratura conchoidal e, em alguns exemplares, inclusões monofásicas pretas. Sua forma é irregular, lembrando prismas tabulares, com baixa esfericidade e angulosidade variável.

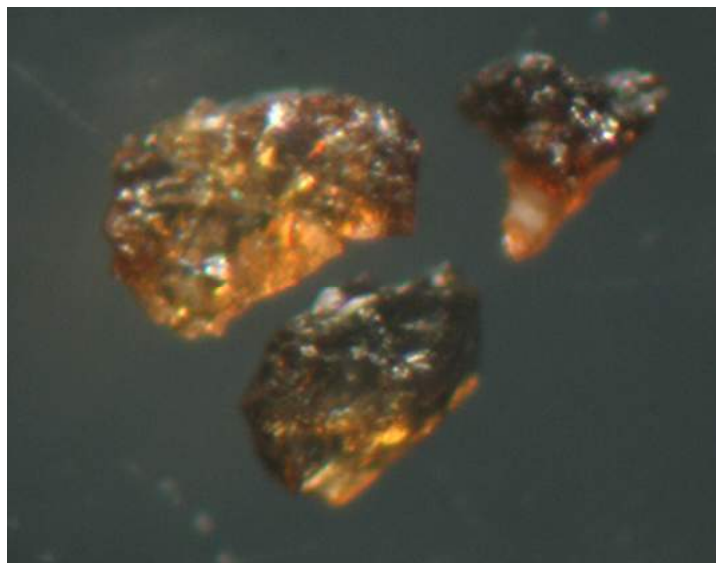


Figura 16 - Estaurolita de cor castanho, translúcida e de brilho vítreo. Os grãos apresentam baixa esfericidade e são subangulosos, com exceção do exemplar mais a direita que é muito anguloso.

Limonita: mineral secundário, com cor variando de castanho escuro a vermelho acastanhado. São observados dois tipos de formas: o primeiro refere-se a grãos de superfície polida, brilho ceroso, hábito granular, com alta esfericidade e subangulosos. Já o segundo apresenta superfície áspera, hábito planar, brilho fosco, com baixa esfericidade e angulosidade variando entre anguloso e subanguloso.

Limonita bege escura: mineral secundário de cor bege escura, opaco, de brilho ceroso. Apresenta-se predominantemente na forma de fragmentos muito angulosos.

Limonita bege clara: mineral secundário de cor bege clara, opaco, de brilho ceroso. Apresenta-se predominantemente na forma de fragmentos muito angulosos.

Psilomelana $[\text{Ba}, \text{Mn}^{2+} \text{Mn}_8^{4+}, \text{O}_{16}(\text{OH})_4]$: mineral secundário de cor preta, opaco, brilho fosco, hábito botrioidal, fraturas irregulares e clivagem indeterminada. Normalmente encontrado associado a grãos de quartzo (Figura 17). Foi identificado através da imersão da amostra em água oxigenada (H_2O_2), onde o mineral reage liberando oxigênio.



Figura 17 - Psilomelana de cor preta, opaca, brilho fosco, hábito botrioidal, associada a grão de quartzo (mineral transparente na base).

Epidoto $[\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})]$: mineral translúcido, de cor variando de verde claro a verde amarelado, com brilho vítreo e fraturas irregulares. Apresenta alta esfericidade e angulosidade entre subanguloso e subarredondado, com tamanho muito pequeno em relação aos outros minerais.

Monazita cristalina $[(\text{Ce}, \text{La}, \text{Di})\text{PO}_4]$: mineral translúcido, de cor variando entre amarelo claro e amarelo esverdeado e de brilho vítreo, que ocorre em fragmentos ou em grãos com formas bem preservadas (Figura 18). O primeiro tipo é identificado com baixo grau de esfericidade e anguloso, sendo impossível observar qualquer preservação de sua forma típica, enquanto o segundo tipo apresenta alto grau de esfericidade e grãos subangulosos (para os cristais tabulares achatados) e baixo grau de esfericidade e grãos subarredondados (para os cristais primáticos).

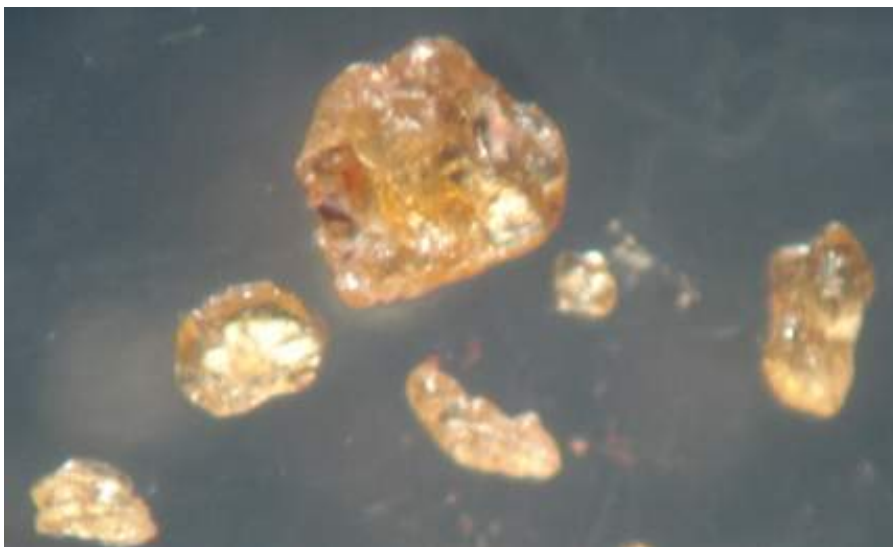


Figura 18 - Monazita cristalina, de cor amarelo claro, translúcida, com brilho vítreo. Na figura podem ser observados os dois tipos de grãos: fragmentos com baixa esfericidade e muito angulosos, e grãos com alta esfericidade e subarredondados.

Hidrobiotita $[K(Mg; Fe^{2+})_3(Al; Fe^{3+})Si_3O_{10}(OH; F)_2].[(Mg; Fe^{2+}; Al)_3(Si; Al)_4O_{10}(OH)_2 4H_2O]$: mineral translúcido, de brilho ceroso, cor dourada, hábito micáceo e clivagem basal (Figura 19). A hidrobiotita é um produto de alteração da biotita e tende a preservar a forma dos grãos de biotita (pseudo-hexagonal), porém essa feição não foi caracterizada nos grãos, que se encontram parcialmente quebrados (muito angulosos).



Figura 19 - Hidrobiotita de cor dourada, brilho ceroso e hábito micáceo. Suas formas apresentam certo desgaste mecânico, pois não é possível observar a forma hexagonal típica da biotita/hidrobiotita.

Pirita limonitizada $[\text{FeS}_2]$: mineral opaco, de brilho fosco, devido à oxidação. Em alguns exemplares observa-se a forma cúbica, porém os grãos, em sua maioria, encontram-se fraturados, apresentando baixa esfericidade, e são angulosos.

Fração 0,8A

Turmalina $[\text{WX}_3\text{B}_3\text{Al}_3(\text{AlSi}_2\text{O}_9)_3(\text{O},\text{OH},\text{F})_4]$; W: Na^{+1} , Ca^{+2} , X: Al^{+3} , Fe^{+3} , Li^{+1} , Mg^{+2}]: mineral translúcido, de brilho vítreo e cor castanha, sendo representado por dois grupos. O primeiro grupo, predominante nas amostras, apresenta grãos fraturados (fratura conchoidal), com alta esfericidade e muito angulosos (Figura 20). O segundo, em menor volume e tamanho, apresenta grãos menos desgastados, forma prismática trigonal e estrias laterais bem marcadas.

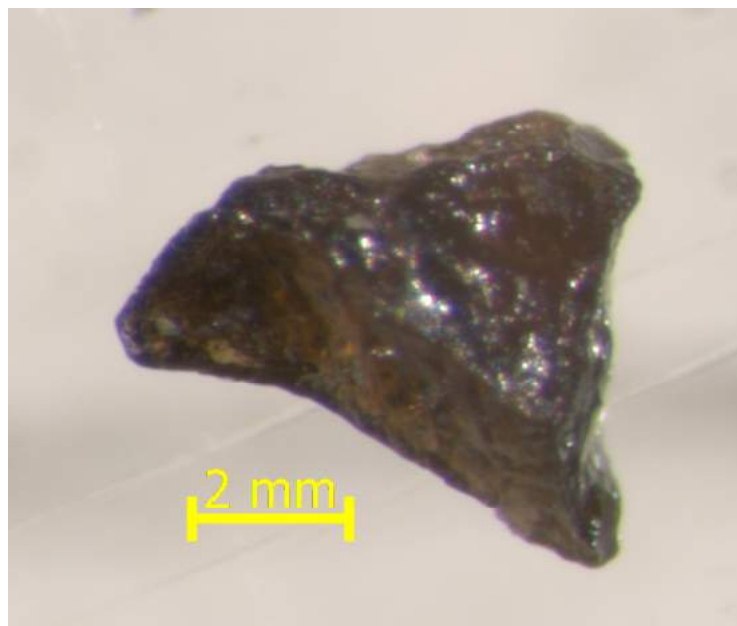


Figura 20 - Turmalina castanha, translúcida, brilho vítreo, fratura subconchoidal, com baixa esfericidade e alta angulosidade.

Fração 1,0A

Biotita $[\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$: mineral preto, translúcido, de brilho metálico, hábito micáceo, sistema cristalino monoclinico (bem preservado) e clivagem basal bem marcada (Figura 21). Alguns exemplares apresentam forma muito bem preservada (base hexagonal), não obstante também ocorrem minerais muito desgastados, com bordas arredondadas ou angulosas (perdendo a forma hexagonal da base) e em outros já pode ser observar o início da transformação para hidrobiotita.

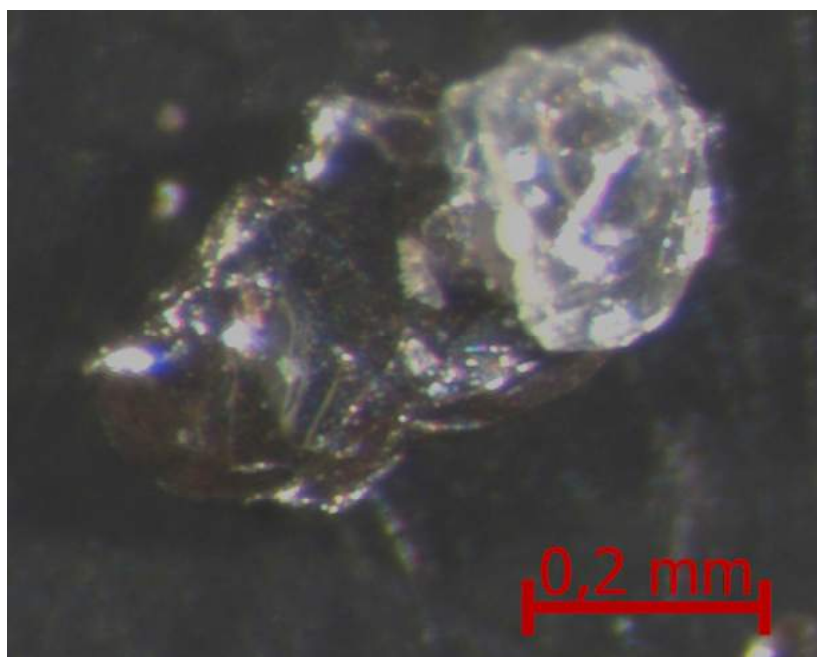


Figura 21 - Biotita preta, de brilho metálico, junto a um grão de quartzo.

Monazita terrosa [(Ce, La, Di)PO₄]: mineral translúcido, de brilho resinoso e cor bege claro (Figura 22) e superfície irregular (áspera). Diversas formas são observadas, com alguns grãos preservando o hábito prismático da monazita (monoclínico), mas também ocorrendo como fragmentos, todos variando entre bem esférico e pouco esférico e desde muito angulosos a angulosos, e às vezes até subarredondados.



Figura 22 - Monazita terrosa de cor bege, brilho resinoso e superfície áspera. Os grãos apresentam-se na forma de fragmentos, variando entre esféricos e pouco esféricos e de angulosos a subangulosos.

Fração 1,5A

Muscovita $[KAl_2Si_3AlO_{10}(OH,F)_2]$: mineral translúcido, incolor, hábito placóide e brilho submetálico (Figura 23). Alguns grãos podem apresentar formas mais alongadas, outros formas mais romboédricas, mas em ambos os casos apresentam-se ora com seus vértices bem preservados, ora com parte da sua superfície irregular.

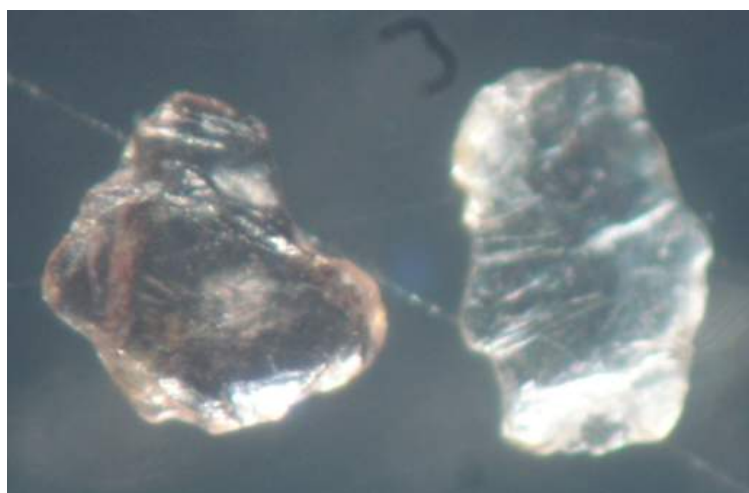


Figura 23 - Muscovita incolor, translúcida, de hábito placóide e brilho submetálico. O exemplar da esquerda apresenta forma angulosa e perda da forma hexagonal pelo desgaste mecânico; o exemplar da direita apresenta a forma hexagonal mais bem preservada.

Não atraível

Anatásio [TiO_2]: mineral de cor azul turquesa e formato bipiramidal (Figura 24). Os grãos maiores apresentam aspecto quebradiço, ou seja, são pouco esféricos e muito angulosos; os grãos menores apresentam maior esfericidade. Pode ser observado também na fração 1,5A.

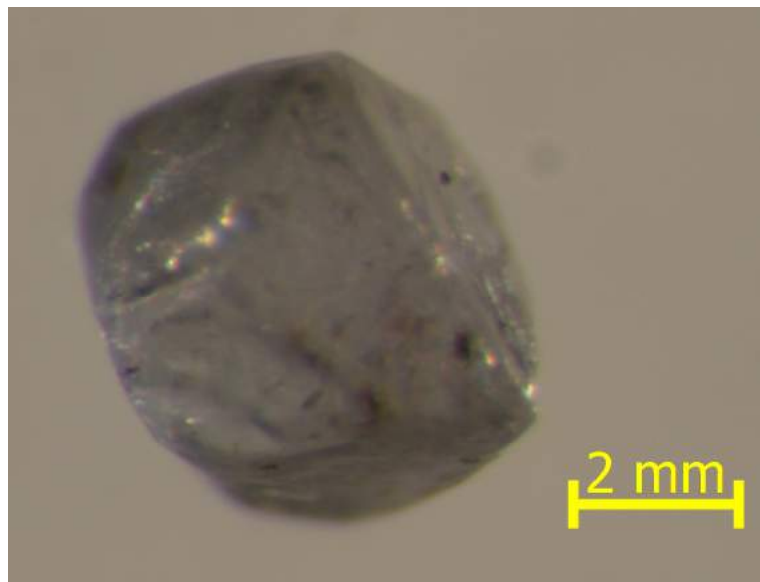


Figura 24 - Anatásio de cor azul claro, translúcido e brilho vítreo. Sua forma é bipiramidal, o que permite classificá-lo como de alta esfericidade.

Zircão [ZrSiO_4]: foram reconhecidos quatro tipos de zircão [transparente, metamítico (Figura 25), vermelho e cinza], diferenciados apenas pela cor. Todos apresentam forma prismática tetragonal preservada, brilho vítreo (para o tipo transparente) e brilho resinoso (para os outros tipos). Também apresentam baixa esfericidade e grãos angulosos.

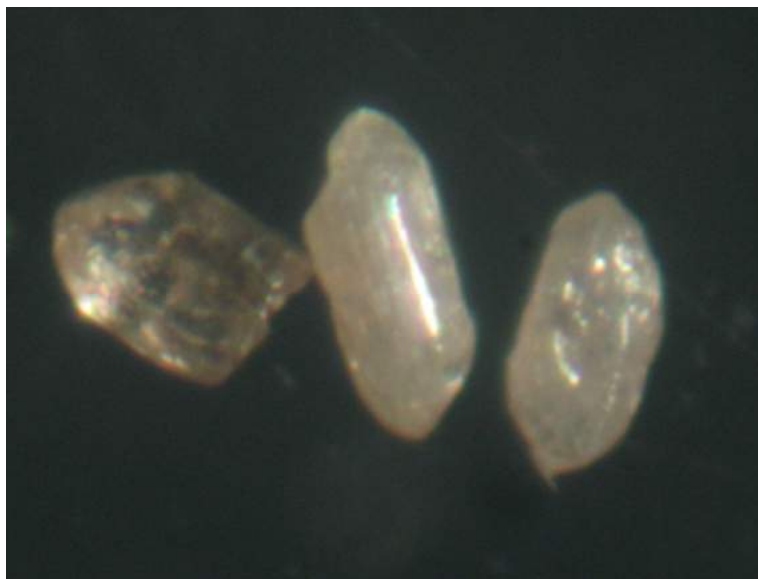


Figura 25 - Zircões metamíticos, de brilho resinoso. Suas formas são de prismas bipiramidais.

Cianita [Al_2SiO_5]: mineral de hábito placóide (Figura 26) muito bem marcado, incolor, translúcido, apresentando forma de agulha e com bases tabulares. Os exemplares identificados podem ser classificados como de baixa esfericidade e subangulosos.



Figura 26 - Cianita branca, opaca, com forma subangulosa.

Apatita [$\text{Ca}_5(\text{F} \leftrightarrow \text{Cl})(\text{PO}_4)_3$]: foi identificada em grãos com duas formas distintas. A primeira é incolor e ocorre em prismas alongados (Figura 27), angulosos e com baixa esfericidade, destacando-se a preservação de formas hexagonais. A segunda, de menor

participação, tem cor branca leitosa (muitas vezes translúcida) e apresenta elevado grau de esfericidade e grãos subangulosos.

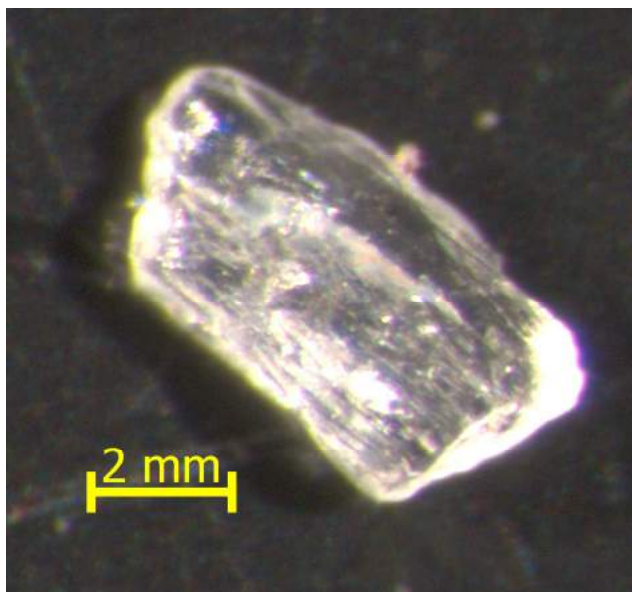


Figura 27 - Apatita incolor, translúcida, de hábito prismático (prisma hexagonal alongado) com algumas ranhuras laterais. Suas pontas apresentam-se quebradiças.

Rutilo [TiO₂]: mineral vermelho, variando entre claro e escuro (Figura 28), de brilho vítreo, translúcido, com clivagem e fratura imperfeita (subconchoidal), apresentando estrias na sua lateral, esfericidade entre baixa e alta, e grão angulosos.

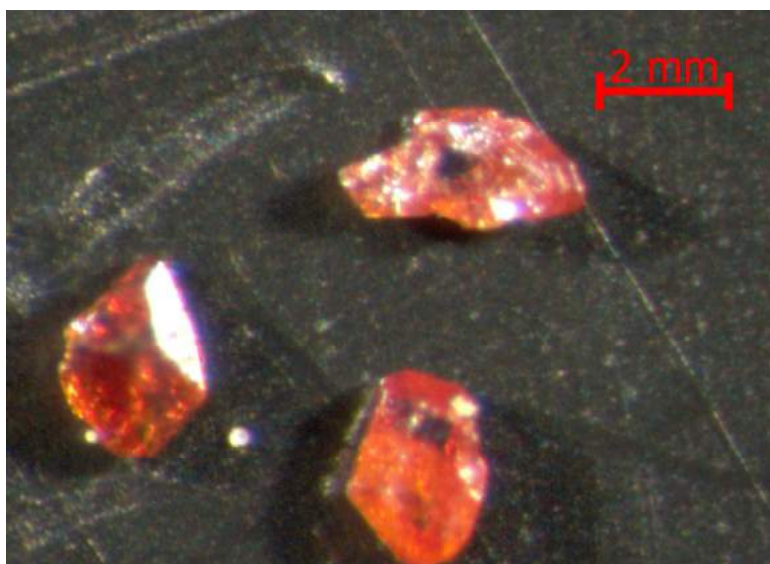


Figura 28 - Rutilo vermelho claro, translúcido, de brilho vítreo. O exemplar na parte superior da imagem apresenta fraturas irregulares. Já os dois exemplares de baixo apresentam hábito parcialmente preservado.

Fragmentos líticos: Amostras de diferentes fragmentos de rochas (Figura 29) que apresentam grau de esfericidade variável, com grãos variando entre subangulosos e angulosos.

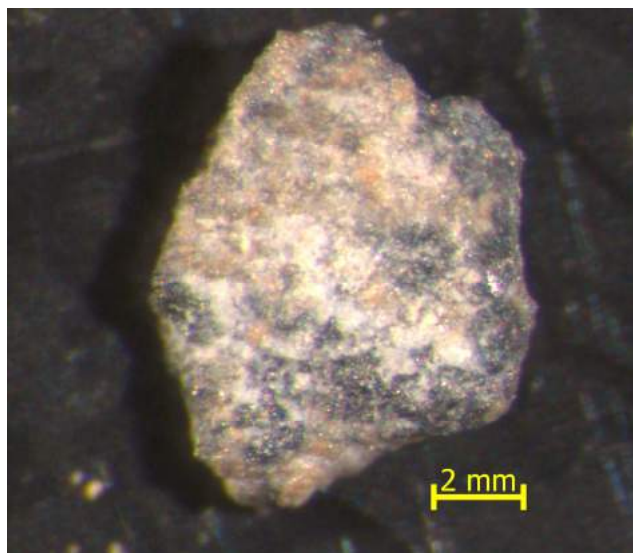


Figura 29 - Fragmento lítico esférico e subangular.

Quartzo [SiO_2]: mineral transparente, incolor, de hábito granular e fratura conchoidal.

5.2. Distribuição do conteúdo dos minerais pesados

São apresentadas a seguir tabelas com os conteúdos de minerais pesados identificados nos afloramentos estudados, respeitando a sequência SW-NE em que foram coletadas as amostras (Figura 30), e gráficos com as porcentagens dos minerais primários representativos. Os minerais secundários foram agrupados e identificados apenas pelo nome “secundários” ou com o termo “outros”, neste caso representando o somatório dos minerais secundários com os minerais primários que não foram identificados no estereomicroscópio.

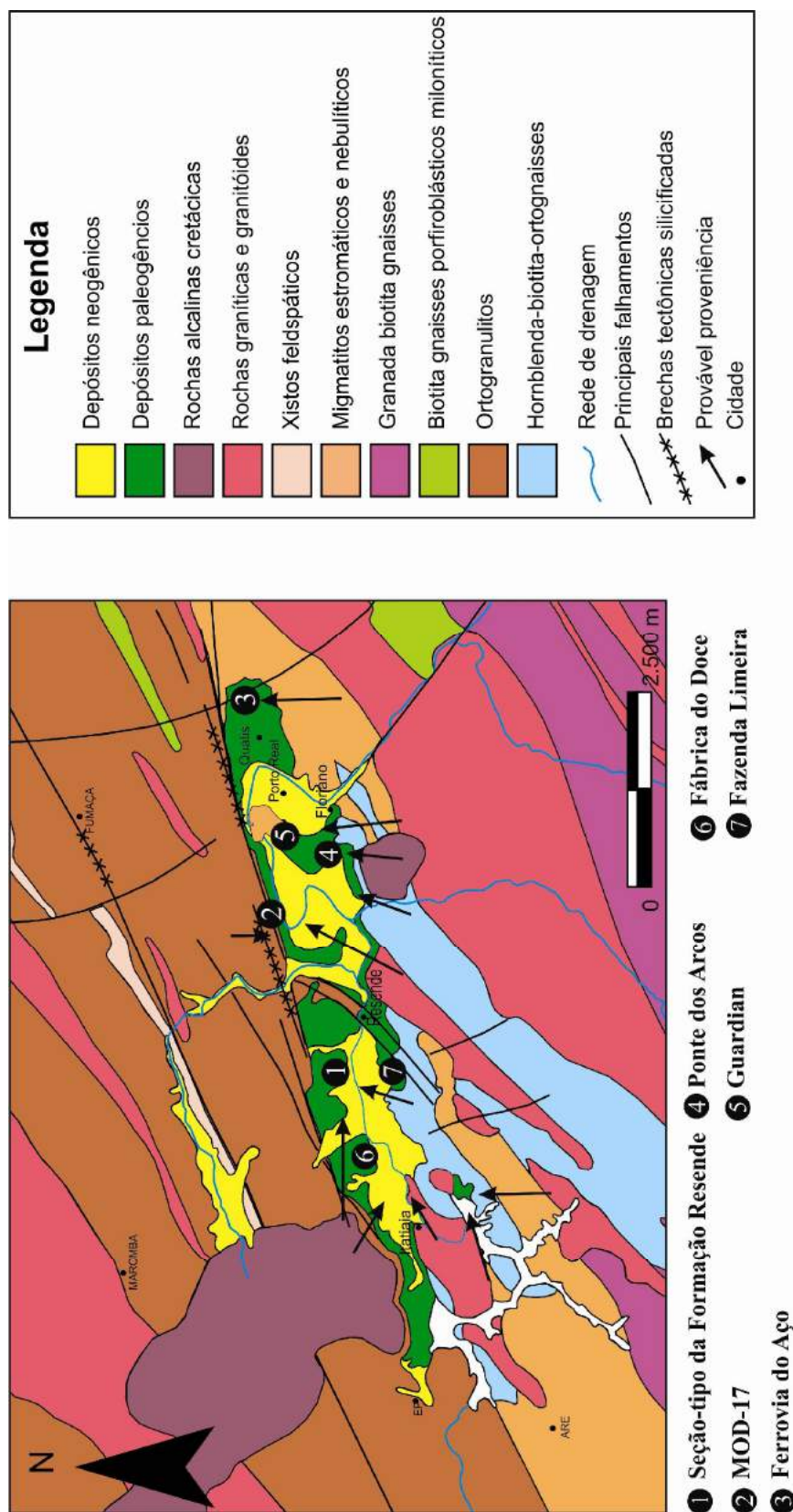


Figura 30 - Localização dos pontos amostrados sobre o mapa geológico da bacia de Resende e a interpretação de provável proveniência (segundo Brêda, 2010).

5.2.1. FÁBRICA DO DOCE

Essa amostra representa o ponto 6 da Figura 30 (coordenada do ponto em latitude e longitude: 22°27'21'' S e 44°38'14'' W), onde predominam os seguintes minerais: ilmenita, monazita cristalina, monazita terrosa, zircão e quartzo (Tabela 2).

Tabela 2 – Minerais pesados identificados no ponto Fábrica do Doce.

0,3A		0,4A		0,5A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
ilmenita	95			ilmenita	64
limonita	5			limonita	30
biotita	Tr			granada incolor	2
estaurolita	Tr			monazita cristalina	2
fragmentos líticos	Tr			zircão	2
granada incolor	Tr	não separado		biotita	Tr
granada rosa	Tr			epidoto	Tr
monazita cristalina	Tr			hidrobiotita	Tr
muscovita	Tr			muscovita	Tr
mineral preto	Tr			quartzo	Tr
psilomelana	Tr			estaurolita	Tr
quartzo	Tr			granada rosa	Tr
mineral verde	Tr				
zircão	Tr				
0,6A		0,8A		1,0A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
		monazita cristalina	50	monazita terrosa	100
		limonita	25	anatásio	Tr
		fragmentos líticos	10	fragmentos líticos	Tr
		mineral preto	10	muscovita	Tr
		turmalina	5	mineral preto	Tr
não separado		anatásio	Tr	psilomelana	Tr
		biotita	Tr	turmalina	Tr
		mineral branco	Tr	zircão	Tr
		epidoto	Tr		
		psilomelana	Tr		
		monazita terrosa	Tr		
		quartzo	Tr		
		zircão	Tr		
1,5A		A Máx.		N.A.	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
monazita terrosa	70	monazita terrosa	65	zircão	80
mineral preto	30	zircão	20	quartzo	20
anatásio	Tr	fragmentos líticos	15	anatásio	Tr
fragmentos líticos	Tr	apatita	Tr	apatita	Tr
limonita	Tr	cianita	Tr	muscovita	Tr
muscovita	Tr	mineral preto	Tr	monazita terrosa	Tr
psilomelana	Tr	rutilo	Tr	mineral preto	Tr
quartzo	Tr	turmalina	Tr	rutilo	Tr
zircão	Tr			cianita	Tr

5.2.3. SEÇÃO-TIPO DA FORMAÇÃO RESENDE

Essa amostra representa o ponto 1 da Figura 30 (coordenada do ponto em latitude e longitude: 22°27'35" S e 44°27'30" W), onde predominam os seguintes minerais: ilmenita, granada rosa, monazita cristalina, monazita caramelo opaca, muscovita e feldspato (Tabela 4).

Tabela 4 - Minerais pesados identificados no ponto Seção-Tipo da Formação Resende.

0,3A		0,4A		0,5A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
ilmenita	60			granada rosa	94
granada rosa	35			ilmenita	5
granada vermelha	5			granada vermelha	1
apatita	Tr			limonita	Tr
mineral cinza	Tr	não separado		monazita cristalina	Tr
monazita cristalina	Tr			muscovita	Tr
muscovita	Tr			turmalina	Tr
psilomelana	Tr			zircão	Tr
zircão	Tr				
0,6A		0,8A		1,0A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
		monazita cristalina	78	monazita caramelo opaca	93
		turmalina	17	monazita terrosa	5
		ilmenita	3	mineral cinza	1
		limonita	2	monazita cristalina	1
		anatásio	Tr	fragmentos líticos	Tr
não separado		fragmentos líticos	Tr	granada rosa	Tr
		granada rosa	Tr	muscovita	Tr
		monazita caramelo opaca	Tr	psilomelana	Tr
		muscovita	Tr	quartzo	Tr
		estauroлита	Tr	turmalina	Tr
		zircão	Tr		
1,5A		A Máx.		N.A.	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
monazita caramelo opaca	74	monazita caramelo opaca	35	feldspato	30
muscovita	20	muscovita	30	quartzo	25
feldspato	5	zircão	25	mineral branco	20
psilomelana	1	feldspato	10	zircão	11
apatita	Tr	fragmentos líticos	Tr	muscovita	10
fragmentos líticos	Tr	monazita cristalina	Tr	apatita	2
turmalina	Tr	monazita terrosa	Tr	mineral preto	1
zircão	Tr	rutilo	Tr	rutilo	1
cianita	Tr	turmalina	Tr	cianita	Tr
quartzo	Tr			estauroлита	Tr
rutilo	Tr				

5.2.4. MOD-17

Essa amostra representa o ponto 2 da Figura 30 (coordenada do ponto em latitude e longitude: 22°27'35`` S e 44°27'30`` W), onde predominam os seguintes minerais: ilmenita, pirita limonitizada, monazita cristalina, monazita terrosa e zircão (Tabela 5).

Tabela 5 - Minerais pesados identificados no ponto MOD-17.

0,3A		0,4A		0,5A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
ilmenita	93			pirita limonitizada	46
limonita	5			ilmenita	25
zircão	2			hidrobiotita	20
rutilo	Tr			psilomelana	7
cianita	Tr			monazita cristalina	1
epidoto	Tr	não separado		biotita	Tr
fragmentos líticos	Tr			epidoto	Tr
granada incolor	Tr			muscovita	Tr
muscovita	Tr			turmalina	Tr
quartzo	Tr				
monazita cristalina					
0,6A		0,8A		1,0A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
		monazita cristalina	60	monazita terrosa	96
		turmalina	40	turmalina	4
		epidoto	Tr	feldspato/quartzo	Tr
		fragmentos líticos	Tr	fragmentos líticos	Tr
não separado		hidrobiotita	Tr	monazita cristalina	Tr
		monazita caramelo opaca	Tr	muscovita	Tr
		monazita terrosa	Tr	rutilo	Tr
		muscovita	Tr		
		psilomelana	Tr		
		quartzo	Tr		
		zircão	Tr		
1,5A		A Máx.		N.A.	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
monazita terrosa	96	monazita terrosa	60	zircão	70
muscovita	3	zircão	40	quartzo	28
zircão	1	anatásio	Tr	muscovita	2
mineral branco azulado	Tr	fragmentos líticos	Tr	anatásio	Tr
quartzo	Tr	muscovita	Tr	cianita	Tr
rutilo	Tr	quartzo	Tr	rutilo	Tr
turmalina	Tr			apatita	Tr

5.2.5. PONTE DOS ARCOS

Essa amostra representa o ponto 4 da Figura 30 (coordenada do ponto em latitude e longitude: 22°26'58'' S e 44°19'27'' W), onde predominam os seguintes minerais: limonita bege escura, turmalina, monazita terrosa, muscovita e zircão (Tabela 6).

Tabela 6 - Minerais pesados identificados no ponto Ponte dos Arcos.

0,3A		0,4A		0,5A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
limonita bege escura	95			limonita bege escura	50
quartzo	5			limonita bege claro	41
mobiótita	Tr			psilomelana	5
fragmentos líticos	Tr			turmalina	3
ilmenita	Tr	não separado		monazita cristalina	1
magnetita	Tr			biotita	Tr
mineral verde	Tr			fragmentos líticos	Tr
monazita cristalina	Tr			muscovita	Tr
muscovita	Tr				
zircão	Tr				
0,6A		0,8A		1,0A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
		turmalina	74	monazita terrosa	68
		limonita bege claro	10	turmalina	20
		monazita cristalina	7	muscovita	10
não separado		estauroлита	5	monazita caramelo opaca	1
		limonita bege escura	3	monazita cristalina	1
		fragmentos líticos	1	fragmentos líticos	Tr
		anatásio	Tr	biotita	Tr
		biotita	Tr	quartzo	Tr
		cianita	Tr	zircão	Tr
		monazita terrosa	Tr		
		muscovita	Tr		
		mineral preto	Tr		
		psilomelana	Tr		
		quartzo	Tr		
		zircão	Tr		
1,5A		A Máx.		N.A.	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
monazita terrosa	60	muscovita	69	cianita	98
muscovita	38	monazita terrosa	30	zircão	2
turmalina	2	zircão	1	mineral abóbora	Tr
fragmentos líticos	Tr	biotita	Tr	mineral laranja	Tr
quartzo	Tr	monazita cristalina	Tr	monazita terrosa	Tr
zircão	Tr	opaco	Tr	muscovita	Tr
		quartzo	Tr	quartzo	Tr
		turmalina	Tr	rutilo	Tr
		fragmentos líticos	Tr	estauroлита	Tr

5.2.6. GUARDIAN

Essa amostra representa o ponto 5 da Figura 30 (coordenada do ponto em latitude e longitude: 22°25'22''S e 44°16'58'' W), onde predominam os seguintes minerais: ilmenita, psilomelana, biotita, monazita cristalina, monazita terrosa e zircão (Tabela 7).

Tabela 7 - Minerais pesados identificados no ponto Guardian.

0,3A		0,4A		0,5A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
ilmenita	100			psilomelana	40
granada rosa	Tr			biotita	25
monazita cristalina	Tr			ilmenita	15
muscovita	Tr			limonita	5
mineral castanho opaco	Tr	não separado		monazita cristalina	5
psilomelana	Tr			monazita caramelo opaca	5
limonita	Tr			hidrobiotita	4
				anatásio	Tr
				granada rosa	Tr
				muscovita	Tr
				turmalina	Tr
				zircão	Tr
0,6A		0,8A		1,0A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
		monazita cristalina	46	monazita terrosa	99
		psilomelana	25	turmalina	1
		turmalina	15	biotita	Tr
		monazita caramelo opaca	7	anatásio	Tr
não separado		limonita	5	limonita	Tr
		anatásio	Tr	muscovita	Tr
		biotita	1	psilomelana	Tr
		muscovita	1	quartzo	Tr
		óxido vermelho	Tr	rutilo	Tr
		quartzo	Tr		
		zircão	Tr		
1,5A		A Máx.		N.A.	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
monazita terrosa	90	zircão	28	zircão	79
muscovita	9	monazita terrosa	24	muscovita	10
zircão	1	quartzo	24	quartzo	5
apatita	Tr	monazita caramelo opaca	8	apatita	3
quartzo	Tr	monazita cristalina	8	rutilo	3
rutilo	Tr	muscovita	8	anatásio	Tr
turmalina	Tr	anatásio	Tr	cianita	Tr
		biotita	Tr	fragmentos líticos	Tr
		hidrobiotita	Tr		

5.2.7. FERROVIA DO AÇO

Essa amostra representa o ponto 3 da Figura 30 (coordenada do ponto em latitude e longitude: 22°23'57'' S e 44°13'15'' W), onde predominam os seguintes minerais: ilmenita, turmalina, muscovita, muscovita e apatita (Tabela 8).

Tabela 8 - Minerais pesados identificados no ponto Ferrovia do Aço.

0,3A		0,4A		0,5A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
ilmenita	100	ilmenita	100	monazita caramelo opaca	57
epidoto	Tr	granada rosa	Tr	turmalina	30
granada rosa	Tr	limonita	Tr	monazita cristalina	13
limonita	Tr	monazita cristalina	Tr	biotita	Tr
monazita cristalina	Tr	muscovita	Tr	epidoto	Tr
muscovita	Tr	quartzo	Tr	fragmentos líticos	Tr
quartzo	Tr	turmalina	Tr	muscovita	Tr
turmalina	Tr			psilomelana	Tr
zircão	Tr			zircão	Tr
fragmentos líticos	Tr			Pirita limonitizada	Tr
0,6A		0,8A		1,0A	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
		turmalina	94	muscovita	40
		muscovita	5	monazita terrosa	35
		fragmentos líticos	1	turmalina	25
		monazita caramelo opaca	Tr	mineral branco	Tr
		monazita cristalina	Tr	fragmentos líticos	Tr
não separado		limonita	Tr	rutilo	Tr
		monazita terrosa	Tr	estauroлита	
1,5A		A Máx.		N.A.	
Minerais	%	Minerais	%	Minerais	%
muscovita	50	muscovita	70	muscovita	35
monazita terrosa	30	zircão	30	apatita	30
turmalina	20	monazita terrosa	Tr	zircão	20
anatásio	Tr	mineral opaco	Tr	cianita	10
monazita caramelo opaca	Tr	mineral preto	Tr	quartzo	5
monazita cristalina	Tr	estauroлита	Tr	anatásio	Tr
estauroлита	Tr	turmalina	Tr	biotita	
turmalina verde	Tr			mineral castanho	Tr
zircão	Tr			feldspato	Tr
				mineral preto	Tr
				rutilo	Tr
				estauroлита	Tr
				mineral verde	Tr

ESTAMPA B

Estampa B: Histogramas dos minerais representativos da fração 0,3A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.

Foto 1: Histograma do ponto da Fábrica do Doce na fração 0,3A onde observa-se grande volume de ilmenita, mas ocorre também a presença de alguns secundários.

Foto 2: Histograma do ponto da Fazenda Limeira na fração 0,3A onde observa-se a predominância de ilmenita.

Foto 3: Histograma do ponto da Seção-tipo da Formação Resende na fração 0,3A onde observa-se grande volume de ilmenita, e a expressiva presença de granadas rosas e vermelhas.

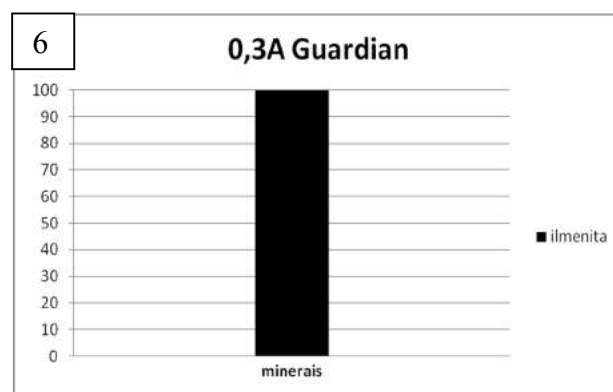
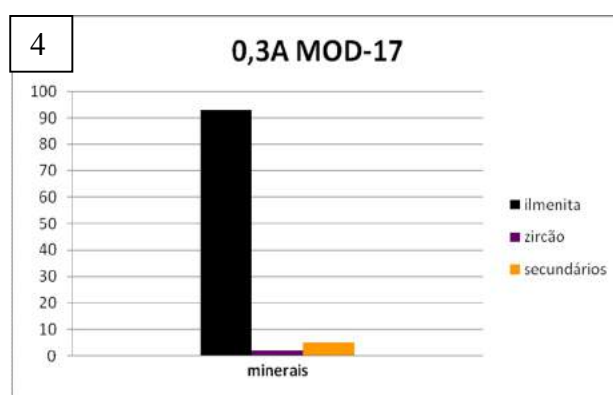
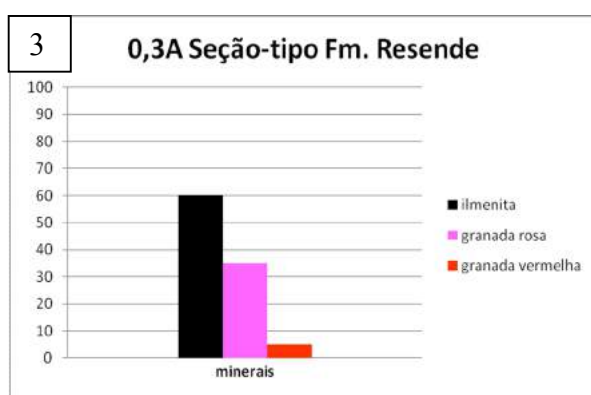
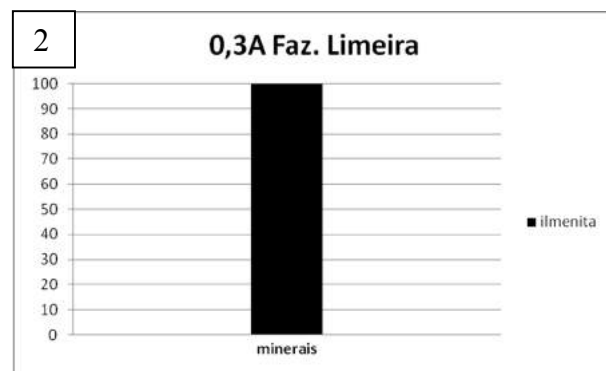
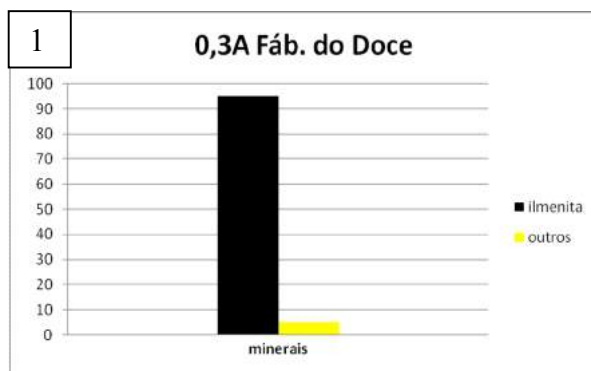
Foto 4: Histograma do ponto MOD-17 na fração 0,3A onde observa-se a predominância de ilmenita e além da presença do zircão e ilmenita.

Foto 5: Histograma do ponto da Ponte dos Arcos na fração 0,3A onde a ilmenita não é um mineral representativo, sendo descrito com traço. Ocorre a predominância de secundários e uma pequena parcela de quartzo.

Foto 6: Histograma do ponto do Guardian na fração 0,3A onde observa-se a predominância de ilmenita.

Foto 7: Histograma do ponto da Ferrovia do Aço fração 0,3A onde observa-se a predominância de ilmenita

ESTAMPA B



ESTAMPA C

Estampa C: Histogramas dos minerais representativos da fração 0,5A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.

Foto 1: Histograma do ponto da Fábrica do Doce na fração 0,5A onde observa-se grande volume de ilmenita e dos minerais denominados “outros”, mas ocorre também a presença de granada incolor, monazita cristalina e zircão.

Foto 2: Histograma do ponto da Fazenda Limeira na fração 0,5A onde observa-se a predominância dos minerais do grupo “outros” e pequena porcentagem de ilmenita.

Foto 3: Histograma do ponto da Seção-tipo da Formação Resende na fração 0,5A onde observa-se predominância da granada rosa, e em menor porcentagem ilmenita e granada vermelha.

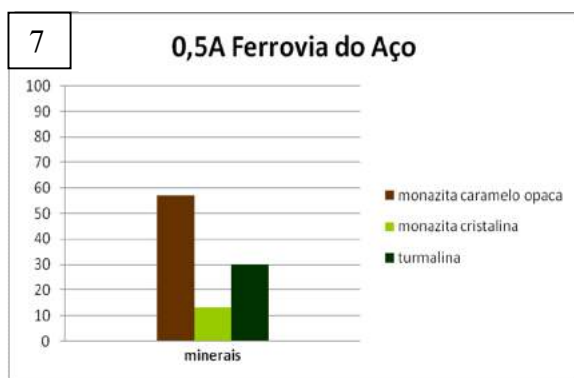
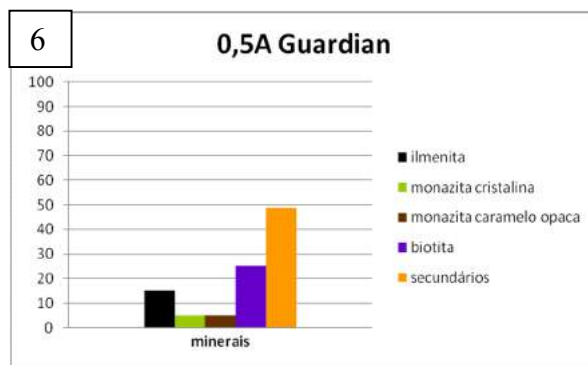
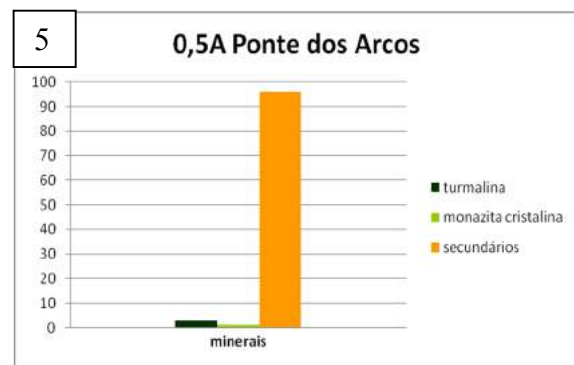
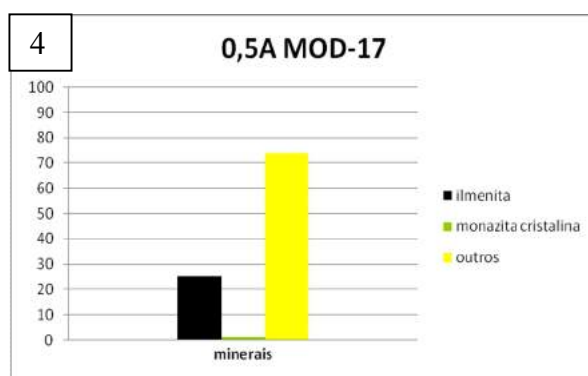
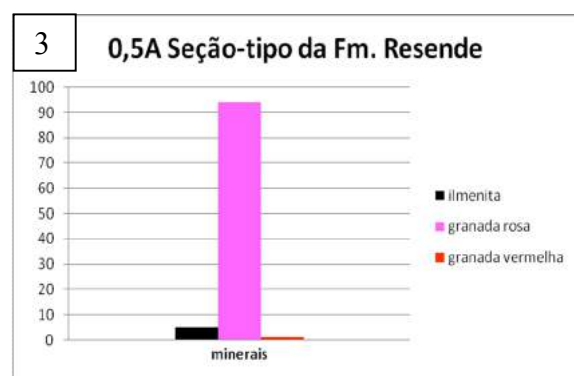
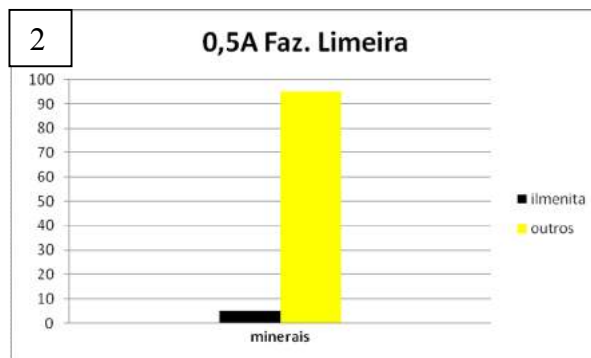
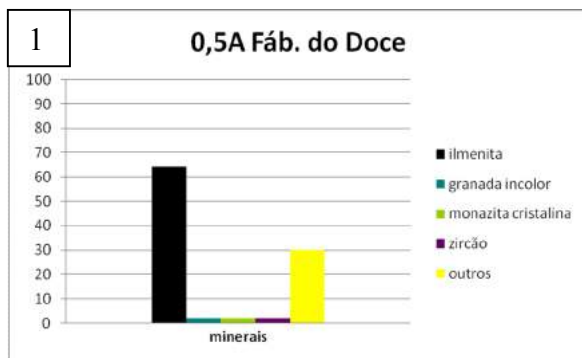
Foto 4: Histograma do ponto MOD-17 na fração 0,5A onde observa-se a predominância do grupo de minerais agrupados na denominação “outros”, em segundo lugar um volume expressivo de ilmenita, e em menor porcentagem a presença de grãos de monazita cristalina.

Foto 5: Histograma do ponto da Ponte dos Arcos na fração 0,5A começa a ocorrer turmalina de forma representativa, além disso uma pequena quantidade de monazita cristalina. Ocorre a predominância de secundários.

Foto 6: Histograma do ponto do Guardian na fração 0,5A, nesse ponto ocorre grande quantidade de secundários, num segundo patamar ocorrem biotita e ilmenita, e em menor volume a presença de monazita cristalina e caramelo opaca.

Foto 7: Histograma do ponto da Ferrovia do Aço fração 0,5A onde observa-se a predominância de monazita caramelo opaca e turmalina, além disso também ocorre monazita cristalina

ESTAMAPA C



ESTAMPA D

Estampa D: Histogramas dos minerais representativos da fração 0,8A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.

Foto 1: Histograma do ponto da Fábrica do Doce na fração 0,8A onde observa-se volumes aproximados de monazita cristalina e do grupo de minerais denominado de “outros”, além disso apresenta pequena fração de turmalina.

Foto 2: Histograma do ponto da Fazenda Limeira na fração 0,8A onde observar-se volumes aproximados de monazita cristalina e de turmalina, em menor porcentagem o grupo de minerais denominado de “outros”.

Foto 3: Histograma do ponto da Seção-tipo da Formação Resende na fração 0,8A onde observa-se predominância da monazita cristalina, e em menor porcentagem turmalina, ilmenita e minerais secundários.

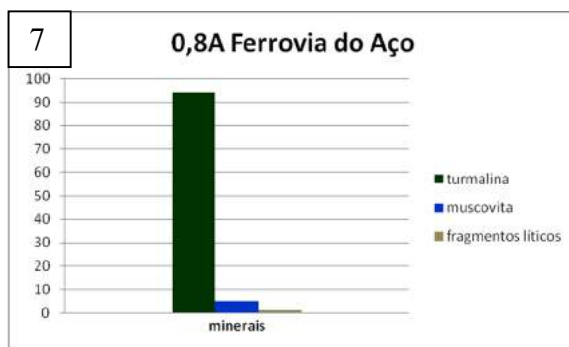
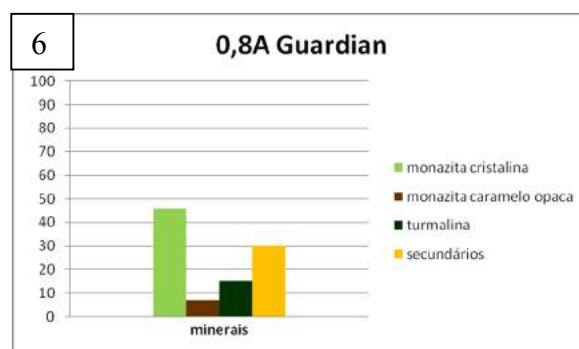
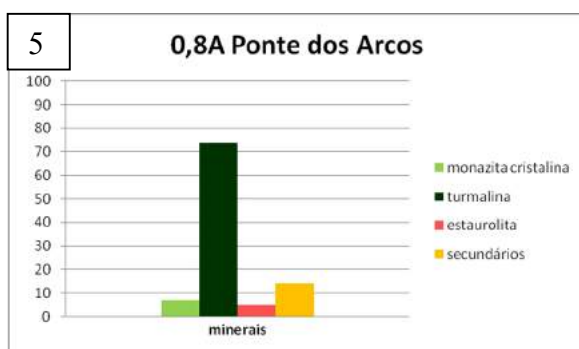
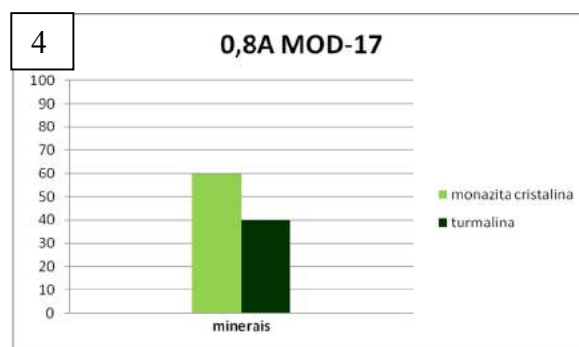
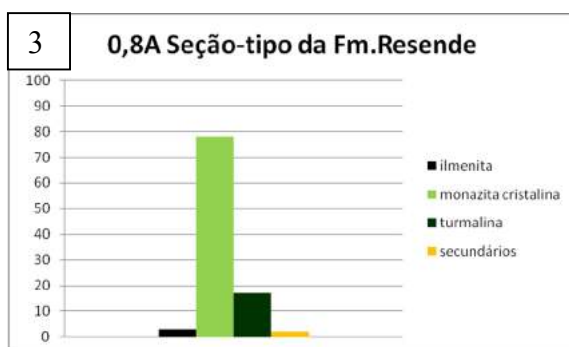
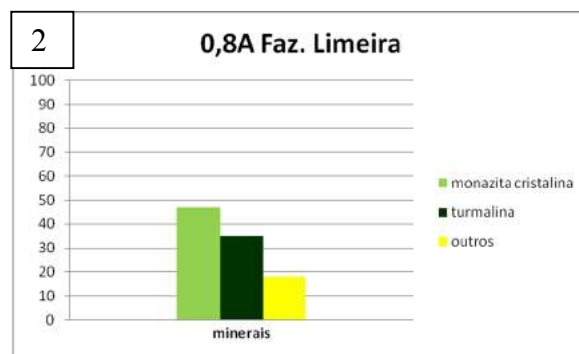
Foto 4: Histograma do ponto MOD-17 na fração 0,8A onde observa-se grande porcentagem de monazita cristalina e turmalina.

Foto 5: Histograma do ponto da Ponte dos Arcos na fração 0,8A observa-se a ocorrência de estauroлита como mineral representativo, nos outros pontos a estauroлита é um mineral traço. O mineral predominante nessa amostragem é a turmalina, além também ocorrem monazita cristalina e secundários.

Foto 6: Histograma do ponto do Guardian na fração 0,8A, nesse ponto ocorre grande quantidade de monazita cristalina, mas também apresenta secundários, turmalina e monazita caramelo opaca.

Foto 7: Histograma do ponto da Ferrovia do Aço fração 0,8A onde ocorre a predominância de turmalina, e o aparecimento de muscovita como mineral representativo e fragmentos líticos.

ESTAMPA D



ESTAMPA E

Estampa E: Histogramas dos minerais representativos da fração 1,0A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.

Foto 1: Histograma do ponto da Fábrica do Doce na fração 1,0A ocorre 100% de monazita terrosa.

Foto 2: Histograma do ponto da Fazenda Limeira na fração 1,0A ocorre grande volume de monazita terrosa, e em menor porcentagem tumalina, muscovita e os minerais do grupo denominado de “outros”.

Foto 3: Histograma do ponto da Seção-tipo da Formação Resende na fração 1,0A onde observa-se predominância monazita caramelo opaca, e em menor porcentagem monazita cristalina, monazita terrosa.

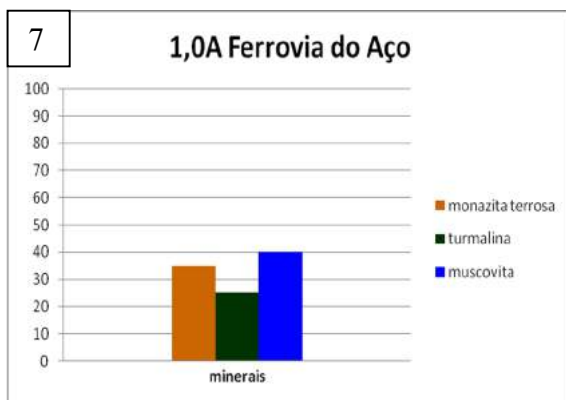
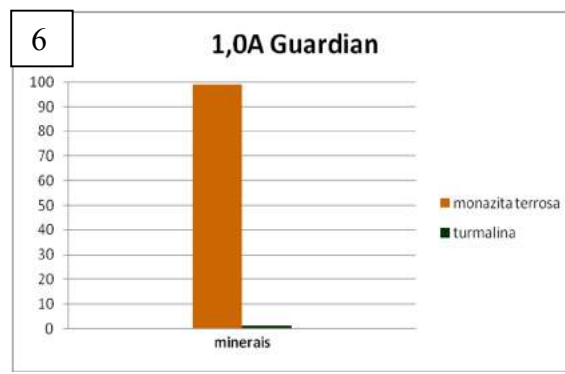
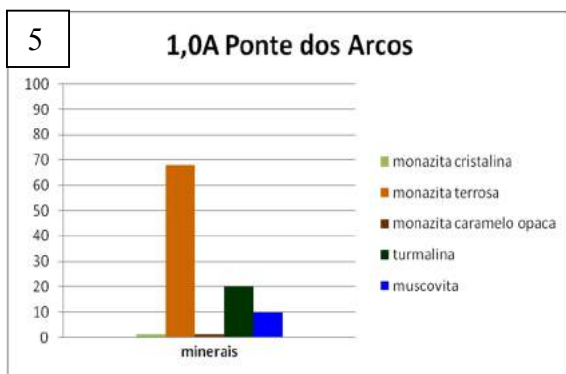
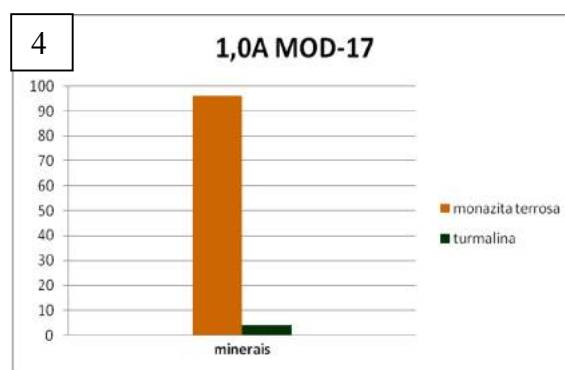
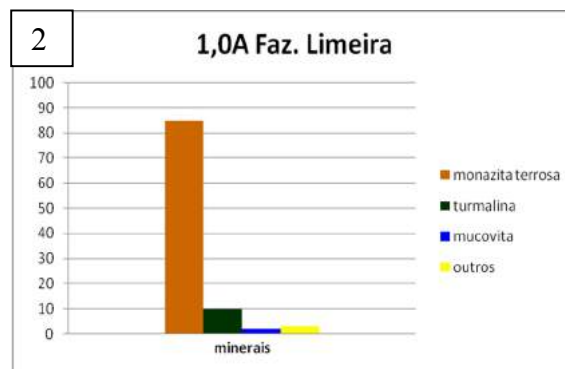
Foto 4: Histograma do ponto MOD-17 na fração 1,0A onde observa-se grande porcentagem de monazita terrosa e em menor porcentagem turmalina.

Foto 5: Histograma do ponto da Ponte dos Arcos na fração 1,0A observa-se a ocorrência de muscovita como mineral representativo. O mineral predominante nessa amostragem é a monazita terrosa, além também ocorrem monazita cristalina, monazita caramelo opaca e turmalina.

Foto 6: Histograma do ponto do Guardian na fração 1,0A, nesse ponto ocorre predominância de monazita terrosa.

Foto 7: Histograma do ponto da Ferrovia do Aço fração 1,0A pode observar-se ocorrência de monazita terrosa, turmalina e muscovita com valores de porcentagens aproximados.

ESTAMPA E



ESTAMPA F

Estampa F: Histogramas dos minerais representativos da fração 1,5A nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.

Foto 1: Histograma do ponto da Fábrica do Doce na fração 1,5A ocorre grande porcentagem de monazita terrosa e do grupo de minerais classificados como “outros”.

Foto 2: Histograma do ponto da Fazenda Limeira na fração 1,5A ocorre grande volume de muscovita, e em menor porcentagem monazita terrosa, tumalina, biotita, zircão e os minerais do grupo denominado de “outros”.

Foto 3: Histograma do ponto da Seção-tipo da Formação Resende na fração 1,5A onde observa-se predominância monazita caramelo opaca, e em menor porcentagem muscovita, feldspato, e secundários.

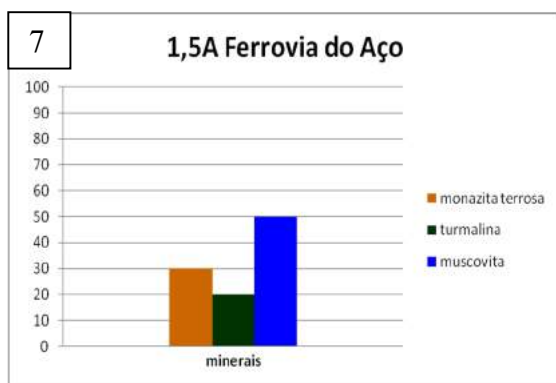
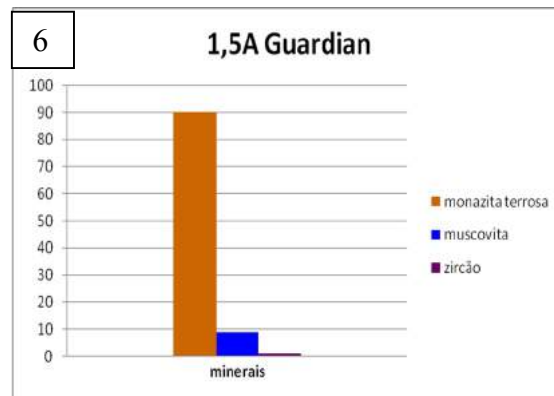
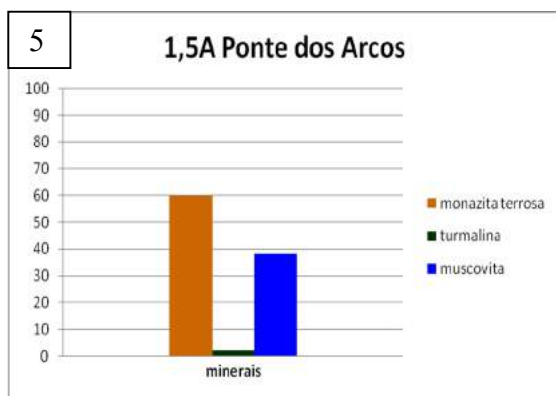
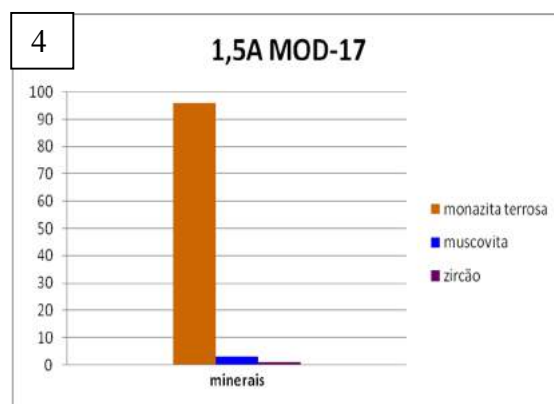
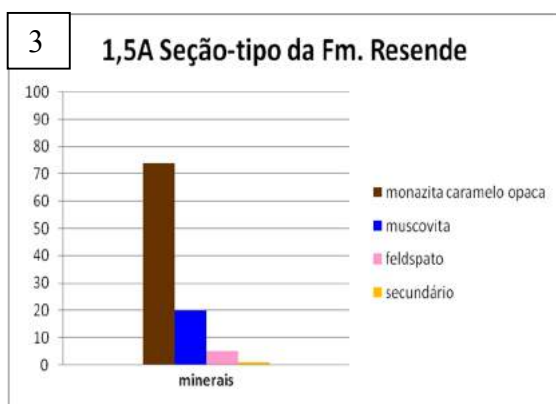
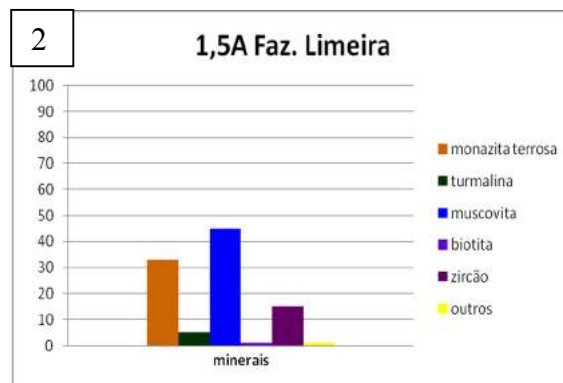
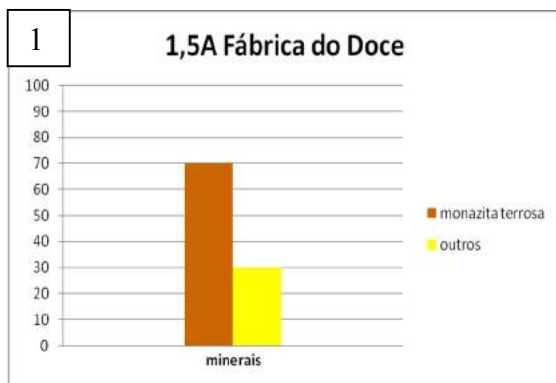
Foto 4: Histograma do ponto MOD-17 na fração 1,5A onde observa-se grande porcentagem de monazita terrosa, e em menor porcentagem muscovita e zircão.

Foto 5: Histograma do ponto da Ponte dos Arcos na fração 1,5A observa-se a ocorrência de muscovita como mineral representativo. O mineral predominante nessa amostragem é a monazita terrosa, além também ocorre turmalina.

Foto 6: Histograma do ponto do Guardian na fração 1,5A, nesse ponto ocorre predominância de monazita terrosa, mas também ocorre muscovita e zircão.

Foto 7: Histograma do ponto da Ferrovia do Aço fração 1,5A pode observa-se a ocorrência de monazita terrosa, turmalina e muscovita com valores de porcentagens aproximados.

ESTAMPA F



ESTAMPA G

Estampa G: Histogramas dos minerais representativos da fração amperagem máxima nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.

Foto 1: Histograma do ponto da Fábrica do Doce na fração amperagem máxima ocorre grande porcentagem de monazita terrosa, numa menor porcentagem ocorre zircão e o grupo de minerais classificados como “outros”.

Foto 2: Histograma do ponto da Fazenda Limeira na fração amperagem máxima ocorre grande volume de muscovita e zircão, e em menor porcentagem turmalina, biotita e os minerais do grupo denominado de “outros”.

Foto 3: Histograma do ponto da Seção-tipo da Formação Resende na fração amperagem máxima onde observa-se predominância monazita caramelo opaca, e em menor porcentagem muscovita, feldspato, e secundários.

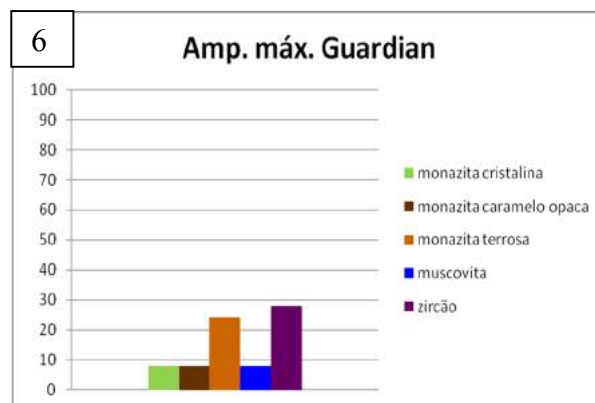
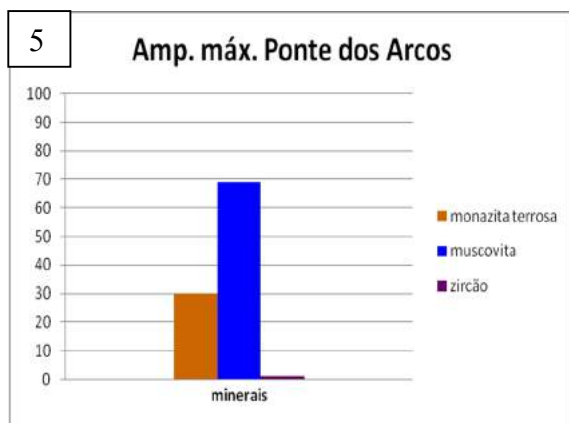
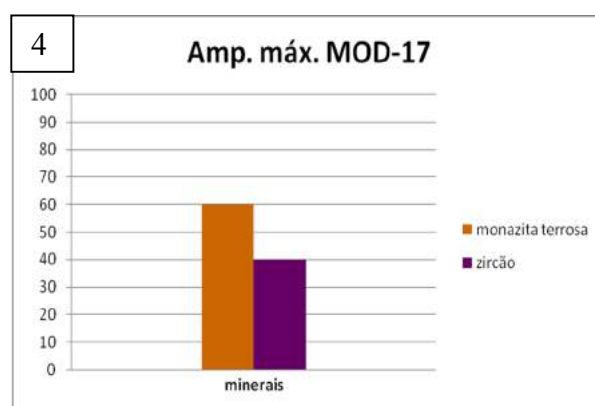
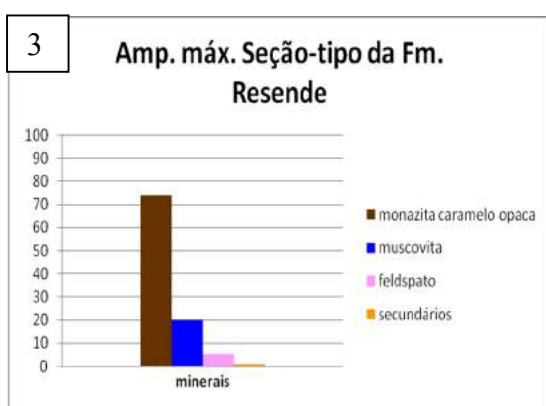
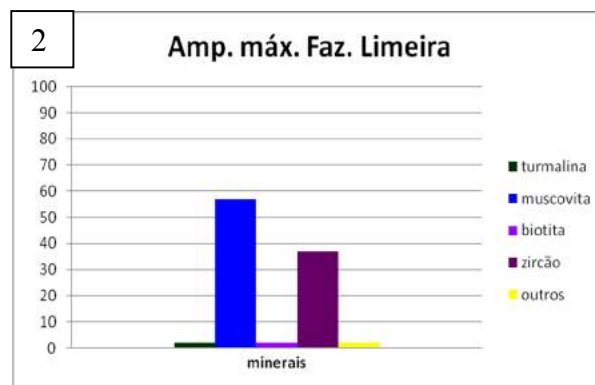
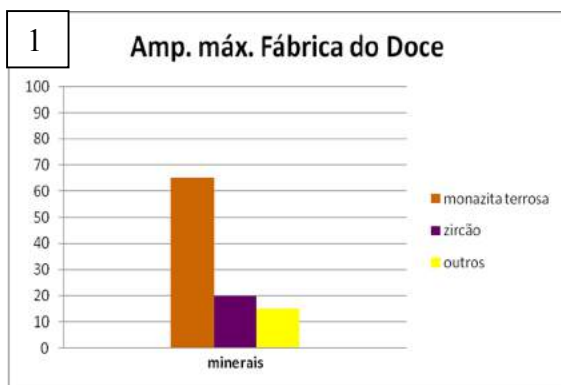
Foto 4: Histograma do ponto MOD-17 na fração amperagem máxima onde observa-se grande porcentagem de monazita terrosa, e em menor porcentagem zircão.

Foto 5: Histograma do ponto da Ponte dos Arcos na fração amperagem máxima observa-se a predominância de zircão e monazita terrosa. Mas também ocorre nessa amperagem a monazita cristalina, monazita caramelo opaca e muscovita.

Foto 6: Histograma do ponto do Guardian na fração amperagem máxima, nesse ponto ocorre predominância de monazita terrosa, mas também ocorre muscovita e zircão.

Foto 7: Histograma do ponto da Ferrovia do Aço fração amperagem máxima observa-se a ocorrência muscovita e zircão.

ESTAMPA G



ESTAMPA H

Estampa H: Histogramas dos minerais representativos da fração não atraível nos pontos da Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Formação Resende, MOD-17, Ponte dos Arcos, Guardian e Ferrovia do Aço.

Foto 1: Histograma do ponto da Fábrica do Doce na fração não atraível ocorre grande porcentagem de zircão, numa menor porcentagem ocorre quartzo.

Foto 2: Histograma do ponto da Fazenda Limeira na fração não atraível ocorre grande volume de zircão, e em menor porcentagem muscovita.

Foto 3: Histograma do ponto da Seção-tipo da Formação Resende na fração não atraível onde observa-se grande volume de feldspato, quartzo e os minerais do grupo denominado “outros”. Também ocorrem muscovita, apatita e rutilo.

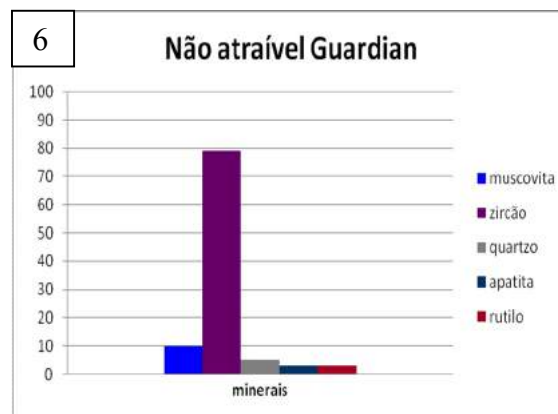
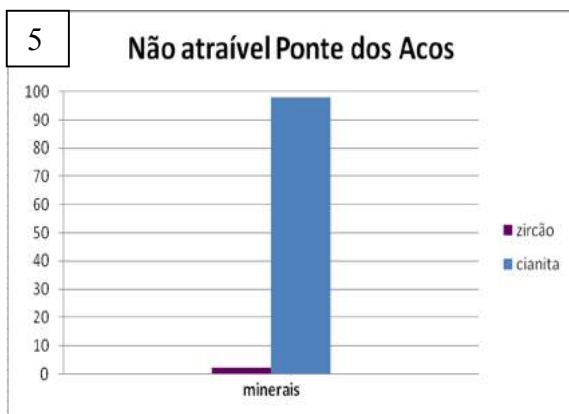
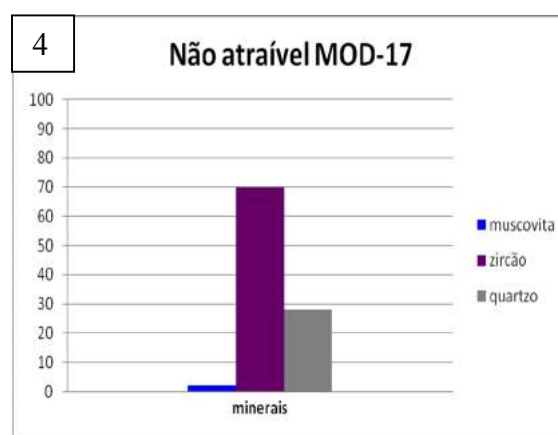
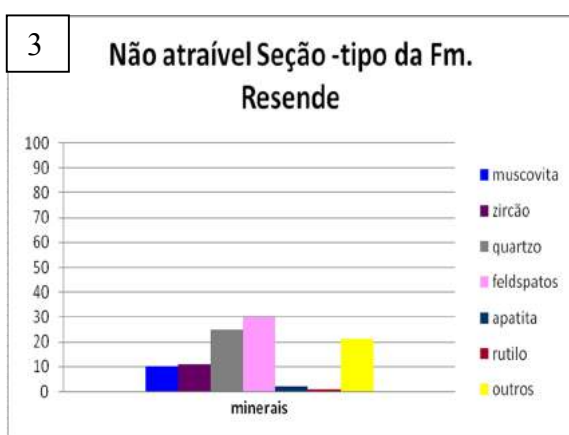
Foto 4: Histograma do ponto MOD-17 na fração não atraível onde observa-se grande porcentagem de zircão, e em menor porcentagem quartzo e muscovita.

Foto 5: Histograma do ponto da Ponte dos Arcos na fração não atraível, nesse ponto ocorre predominância de cianita, ainda não observada nos outros pontos, a não ser como mineral traço, mas também ocorre, em menor volume zircão.

Foto 6: Histograma do ponto do Guardian na fração não atraível, contendo grande porcentagem de zircão, e menor volume muscovita, apatita, rutilo e quartzo.

Foto 7: Histograma do ponto da Ferrovia do Aço fração não atraível observa-se a ocorrência dos minerais do grupo denominado de “outros” em grande porcentagem, além da presença de apatita, zircão e cianita.

ESTAMPA H



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando-se os gráficos e as tabelas com os minerais descritos, podem ser feitas as seguintes considerações quanto à mineralogia identificada:

- 1) entre os principais minerais identificados na grande maioria dos concentrados, destacam-se ilmenita, monazita, zircão e turmalina. Porém ressalta-se que ilmenita não foi caracterizada no ponto Ponte dos Arcos. Neste sentido, a área fonte desse ponto não envolveria litótipos com ilmenita, o que é diferente dos demais pontos, onde ilmenita predomina na fração 0,3A;
- 2) granada rosa e vermelha foram identificadas em elevada proporção somente na Seção-tipo da Formação Resende (frações 0,3A e 0,5A), enquanto nos pontos Fábrica do Doce, Ferrovia do Aço e Guardian ocorrem de forma restrita e nos pontos Ponte dos Arcos, MOD-17 e Fazenda Limeira não foram identificadas (estampas B e C). Estes minerais podem ser utilizados nos trabalhos a serem realizados no futuro como excelentes indicadores para apontar a participação de diferentes litótipos na área fonte;
- 3) caracterizou-se a predominância de minerais secundários (decorrentes de alterações de minerais primários) nas frações 0,3A, 0,5A e 0,8A do ponto Ponte dos Arcos e nas frações 0,5A e 0,8A do ponto Guardian, o que aponta para o elevado grau de alteração dos minerais de pelo menos parte da área fonte nestes pontos;
- 4) monazita e turmalina estão presentes em todos os pontos estudados e podem estar associadas respectivamente a granitóides, pegmatitos e gnaisses, no caso da primeira, e a granitóides, pegmatitos e níveis turmaliníticos no caso da segunda.
- 5) na grande maioria dos pontos estudados predomina na fração 0,8A monazita sobre turmalina, com exceção dos pontos Ponte dos Arcos e Ferrovia do Aço (estampa D). Destaca-se neste último ponto que monazita não foi caracterizada em proporção significativa. Já na fração 1,0A, a monazita predomina sobre a turmalina em todos os pontos. Nessa interpretação foram utilizadas as monazitas descritas como terrosa, caramelo opaca e cristalina;
- 6) caracterizou-se que a estaurolita aparece na maioria dos pontos (Ponte dos Arcos, Fábrica do Doce, Fazenda Limeira, Seção-tipo da Fm. Resende, Ferrovia do Aço),

indicando que a fonte deste material envolveu um tipo litológico metamórfico que possivelmente estaria ausente nos demais pontos (Guardian, MOD-17). Destaca-se que somente na fração 0,8A do ponto Ponte dos Arcos ela ocorre em uma proporção representativa (5,0%);

7) biotita é representativa apenas na fração 0,5A do ponto Guardian (estampa B), mas ocorre como mineral traço na Ferrovia do Aço, Ponte dos Arcos, MOD-17, Faz. Limeira, e Fáb. do Doce;

8) observou-se que muscovita está presente em quantidades significativas a partir das frações 0,8A (ponto Ferrovia do Aço, estampa D) e 1,0A (demais pontos, estampa E), com exceção do ponto Fábrica do Doce, onde a mesma ocorre em proporção bastante reduzida;

9) caracterizou-se que cianita é representativa somente em duas amostras (Ponte dos Arcos e Ferrovia do Aço, estampa H), indicando que a fonte destes pontos envolveu um tipo litológico metamórfico que possivelmente estaria ausente nos demais pontos;

10) a presença de muscovita e/ou biotita (que apresentam baixíssima resistência mecânica) em todas as amostras e a caracterização de grãos de forma subangulosa e angulosa apontariam para um processo de sedimentação ou soterramento muito rápido, bem como a proximidade da área fonte.

Comparando-se os dados obtidos com os resultados de Brêda (2010), é possível sugerir que as unidades litológicas proximais do embasamento teriam importância fundamental como fornecedores de sedimentos para o preenchimento da Formação Resende. Essa proposta é compatível com a de Brêda (2010), que apontou que unidades do embasamento próximas seriam as responsáveis pelos sedimentos que preencheram a bacia de Resende. Porém nos trabalhos desenvolvidos não foi possível determinar a intensidade com que as bordas norte e sul contribuíram com sedimentos, como realizado por Brêda (2010).

Comparando-se os resultados obtidos no presente trabalho com os resultados apresentados por Amador (1977), destaca-se que não foram identificados anfibólio, piroxênio, silimanita e andaluzita.

Para se ter um melhor entendimento da proveniência de sedimentos dessa bacia recomenda-se que, em próximos trabalhos, seja realizada uma pesquisa bibliográfica detalhada da petrografia das rochas proximais do embasamento, e sejam estudados os minerais pesados em drenagens de rios tributários do Paraíba do Sul que deságuem numa posição anterior ou na região da bacia de Resende.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, A.P.B. 2001. *Análise dos Padrões de Fraturamento Neotectônico e a sua Possível Aplicação na Avaliação Hidrogeológica da Bacia Sedimentar de Resende, RJ*. Monografia de Graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 61 p.
- Albuquerque, A.P.B. 2004. *Tectônica Deformadora Cenozóica na Bacias Sedimentar de Resende, Rift Continental do Sudeste do Brasil, RJ*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 126 p.
- Almeida, F.F.M. 1976. The System of Continental Rifts Bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Suplemento)*, **48**: 15-26.
- Amador, E.S. 1975. Estratigrafia e Sedimentação na Bacia de Resende - RJ. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Suplemento)*, **47**: 181-223.
- Amador, E.S. 1977 Paleoclimatologia dos Depósitos Continentais Cenozóicos da Bacia de Resende, RJ. *Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ*, **01**: 135-156.
- 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, p.75-88. (Série Projeto REMAC 4).
- Barboza, A.C.L. 2009. *Integração de Análises Sedimentológicas e Hidrogeológicas como Base para Caracterização da Formação Resende, Bacia de Resende, como Reservatório, RJ*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 89 p.
- Brêda, T.C. 2010. *Análise Petrográfica da Formação Resende, BACIA DE RESENDE, RJ*. Monografia de Graduação, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 50p.
- Brotzu, P.; Beccaluva, L.; Conte, M.; Fonseca, M.; Garbarino, C.; Gomes, C.B.; Leong, R.; Macciotta, G.; Mansur, R.L.; Melluso, L.; Morbidelli, L.; Ruberti, E.; Sigolo, J.B.; Traversa, G. & Valença, J.G. 1989. Petrological and geochemical studies of alkaline rocks from continental Brazil. 8. The syenitic intrusion of Morro Redondo, RJ. *Geochimica Brasiliensis*, **3**(1):63-80.
- Ferrari, A.L. 2001. *Evolução Tectônica do Gráben da Guanabara, RJ*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 412 p.

- Garcindo, L.B. 2009. *Análise Paleopedológica da Formação Resende nas Bacias de Resende e Volta Redonda e suas Implicações Paleodeposicionais e Estratigráficas*, RJ. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 218 p.
- Góes, M.A.C., Luz, A.B., Possa M. V. 2004. Amostragem. In: Luz, A.B., Sampaio, J.A., Almeida, S.L.M. (eds.) *Tratamento de Minérios*. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, p.19-51.
- 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.; C. Dal Ré Carneiro, C.; Brito Neves, BB (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Editora Beca, p. 203-235.
- Melo, M.S.; Riccomini, C.; Almeida, F.F.M. & Hasui, Y. 1985a. Sedimentação e Tectônica da Bacia de Resende - RJ. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **57**(4): 467-479.
- Melo, M.S.; Riccomini, C.; Hasui, Y.; Almeida, F.F.M. de ; Coimbra, A.M. 1985b. Geologia e evolução do sistema de bacias tectônicas continentais do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **15**(13): 193-201.
- Oliveira, M.L.M. & Aquino, J.A. 2007. Amostragem. In Sampaio, J.A., França, S.C.A., Braga, P.F.A. (eds) *Tratamento de Minério: práticas laboratoriais*, Rio de Janeiro, CETEM/MCT, p.1-34.
- Pereira, R.M. 2001. *Caracterização Geocronológica, Geoquímica, Geofísica e Metalogênica de Alguns Plutonitos Graníticos da Região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul e Alto Rio Grande, Segmento Central da Faixa Ribeira*. Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 214p.
- Pereira, R.M., Ávila, C.A., Lima, P.R.A.S. 2005. *Minerais em grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação*. São Paulo, Oficina de Textos, 128p.
- Ramos, R.R.C. 1997. *Estratigrafia da Sucessão Sedimentar Terciária da Bacia de Resende, entre Resende e Quatis (Rio de Janeiro), com Ênfase na Caracterização das Litofácies, Ciclicidade e Paleocorrentes*, RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 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, RJ*. Tese de Doutorado Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 221 p.
- Ramos, R.R.C.; Mello, C.L. & Sanson, M.S.R. 2005. Bacia de Resende, RJ. *Fundação Paleontológica Phoenix*, **76**, p.1-6.
- Ramos, R.R.C.; Mello, C.L. & Sanson, M.S.R. 2006. Revisão Estratigráfica da Bacia de Resende, *Rift Continental do Sudeste do Brasil, RJ. Geociências*, **25** (1):59-69.
- Ribeiro Filho, E. 1967. Geologia e petrologia dos maciços alcalinos do Itatiaia e Passa Quatro (Sudeste do Brasil), RJ. *Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. USP*, **302**:5-93.
- Riccomini, C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 256p.
- Riccomini, C. 1995. Padrão de Fraturamentos do Maciço Alcalino de Cananéia, Estado de São Paulo: relações com a tectônica mesozóica-cenozóica do Sudeste do Brasil, SP. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**: 79-84.
- 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.; C. Dal Ré Carneiro, C.; Brito Neves, BB (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Editora Beca, p. 383-405.
- Salvador, E.D. 1994. *Análise Tectônica do Vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ)*. Dissertação de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 157p.
- Salvador, E.D. & Riccomini, C. 1995. Neotectônica do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, **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, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 61p.
- Sanson, M.S.R. 2006. *Sistemas Depositionais Aluviais e Tectônica Rúptil Cenozóica na Região de Volta Redonda (RJ): Rift Continental do Sudeste do Brasil, RJ*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 142p.

- Trouw, R.A.J.; Heilbron, H.; Ribeiro, A.; Paciullo, F.; Valeriano, C.M.; Almeida, J.H.C.; 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*. Rio de Janeiro, RJ, p. 287-310.
- 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.
- Wentworth, C.K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, **30**:377-392.
- Zalán, P.V. 1986. A Tectônica Transcorrente na Exploração do Petróleo: uma Revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, **16**(3): 245-257.
- Zalán, P.V. & Oliveira, J.A.B. 2005. Origem e Evolução Estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **13** (2): 269-300.