



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Geologia

Ricardo Ribeiro Percilio

**Estudo paleoambiental dos depósitos cenozóicos e caracterização dos  
minerais de argila da região de Itambí, Itaboraí-RJ**

Rio de Janeiro

2010

Ricardo Ribeiro Percilio

**Estudo paleoambiental dos depósitos cenozóicos e caracterização dos minerais de argila da região de Itambí, Itaboraí-RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Bergamaschi  
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Bertolino

Rio de Janeiro

2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

P429 Percilio, Ricardo Ribeiro.  
Estudo paleoambiental dos depósitos cenozóicos e caracterização dos  
minerais de argila da região de Itambí, Itaboraí-RJ / Ricardo Ribeiro  
Percilio. – 2010.  
117 f. : il.

Orientador: Sergio Bergamaschi.  
Coorientador: Luiz Carlos Bertolino.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Faculdade de Geologia.

1. Gestão ambiental - Teses. 2. Minerais de argila - Itambí (Itaboraí,  
RJ) - Teses. 3. Sedimentação e depósitos - Teses. 4. Materiais cerâmicos  
– Teses. I. Bergamaschi, Sergio. II. Bertolino, Luiz Carlos. III.  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. IV.  
Título.

CDU: 504.06(815.3)

Bibliotecária Responsável: Priscila Freitas Araujo/ CRB-7: 7322

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta  
dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Ricardo Ribeiro Percilio

**Estudo paleoambiental dos depósitos cenozóicos e caracterização dos minerais de argila da região de Itambí, Itaboraí-RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias.

Aprovada em 26 de abril de 2010.

Banca Examinadora: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Sergio Bergamaschi (Orientador)

Faculdade de Geologia - UERJ

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Carlos Bertolino (Coorientador)

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Rio de Janeiro

2010

## **DEDICATÓRIA**

À Alessandra, esposa, companheira e amiga pela cumplicidade, e por compartilhar as aspirações acadêmicas expressas nesta dissertação.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus - ser supremo que tem proporcionado a concretização dos sonhos e a capacidade de enxergar valiosas oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional.

À Maria Antonieta da Conceição Rodrigues – mestre, educadora pelo exemplo profissional na direção das atividades no Parque Paleontológico de São Jose de Itaboraí e as pessoas envolvidas neste projeto.

Ao Prof. Dr. Sérgio Bergamaschi e ao Prof Dr. Luiz Carlos Bertolino – pela disposição, paciência, confiança e reflexão crítica fornecida.

A CAPES pelo incentivo e pelo conseqüente fomento dos recursos necessários ao desenvolvimento da presente pesquisa.

Ao Centro de Tecnologia Mineral - Ministério da Ciência e Tecnologia pelas análises realizadas e pela infra-estrutura disponível no decorrer da tese.

Rudmar Ribeiro Percilio – irmão, apoio irrestrito no desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

PERCILIO, Ricardo Ribeiro. **Estudo paleoambiental dos depósitos cenozóicos e caracterização dos minerais de argila da região de Itambí, Itaboraí-RJ**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

Este trabalho teve por objetivo propor um modelo deposicional para os depósitos da Formação Macacu e caracterizar os minerais de argila encontrados na região de Itambí-Itaboraí. Com o intuito de alcançar este objetivo foi realizada uma caracterização faciológica nos afloramentos estudados, através da descrição de perfis sedimentológicos e interpretação das principais fácies identificadas em campo. Em laboratório foram realizadas análises granulométricas da fração arenosa. Além disso, com o objetivo de concentrar somente minerais de argila, procedeu-se a pipetagem, seguido pela exposição das amostras em difratômetro e em microscopia eletrônica de varredura. Estas análises foram realizadas com o intuito de acrescentar informações tanto no que diz respeito ao entendimento da realidade deposicional para a área de Itambí, na Formação Macacu. Os resultados deste estudo mostraram que dos afloramentos estudados o perfil ITA 7 reúne uma série de condições necessárias para a distinção de quatro sistemas deposicionais responsáveis pela deposição na área de Itambí, quais sejam: A) Lacustre: constituído basicamente pelas fácies *Lam* e *Lal.*; B) Leques Aluviais formado pelas fácies, *Aci*, *Lam*, *Lal*, *Acm*, *Aca*; C) Canal Fluvial compreendendo as fácies *Aca*, *Aca*, *Asm* e; D) Sistema Fluvial Entrelaçado Cascalhento (regime de fluxo torrencial mais recente): inclui as fácies *Acm* e *Aca*. No aspecto mineralógico, o mineral que predominou nas fácies estudadas foi o grupo das caulinitas. Somente três fácies respectivamente nos pontos ITA 2 e ITA 3 (*Lal* e *Lam*) e fácies correspondentes a *Lam* e *Aca* em ITA 7.2 e ITA 7.3, não apresentaram um caráter predominantemente caulínico em seus resultados. Com base nessas observações, acredita-se que os depósitos lacustres de natureza montmorillonítica, de coloração esverdeada e estruturas laminadas identificados na base dos estratos de Itambí, favoreça a indústria cerâmica conferindo-lhe elevada plasticidade. As fácies que apresentaram um predomínio da caulinita são reconhecidas por apresentar uma granulometria favoravelmente menor, com formação de uma fase vítrea incipiente, capaz de unir as partículas minerais e conseqüente está menos propensa a trincas durante o processo de secagem dos materiais cerâmicos.

Palavras-chave: minerais de argila; materiais cerâmicos; sistemas deposicionais.

## ABSTRACT

PERCILIO, Ricardo Ribeiro. **Study on the cenozoic deposits and characterization of the mineral properties of the clay minerals from the Itambí region, Itaboraí, RJ.** 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

The purpose of this study is to characterize of the clay minerals found in the Itambi-Itaboraí region and concomitantly, offer a depositional pattern for the Macacu Formation deposits. In order to reach this goal it was carried out a facies characterization at the studied outcrops (the outcrops which were studied) by means of through the description of sedimentological profiles and the interpretation of the main facies identified in the field. A granulometric analysis of the sandy fraction was carried out for the laboratory study. Following this course of action, a pipetting technique was carried out on the fraction with the objective of concentrating the clay minerals only. In addition to the previous procedures the samples were exposed to a diffractometer and to an electronic microscope scanning. These analyses were carried out with the purpose of adding information as much for understanding the depositional reality of the Itambi area, in the Macacu Formation, as much for identifying the minerals in the existing clay minerals. The results of this study showed that among the outcrops examined, the ITA 7 profile presents a series of the necessary conditions to distinguish four depositional systems which are accountable for the deposition in the Itambí area, as follows: A) Lacustrine: constituted basically by facies *Lam* and *Lal*. B) Alluvial Fan: formed by facies, *Aci*, *Lam*, *Lal*, *Acm*, *Aca*; C) Fluvial Duct comprises the facies *Aca*, *Asm* and; D) Gravel Braided Fluvial System (more recent torrential flow regime) includes the *Acm* e *Aca* facies. Under the mineralogical point of view, the mineral which was predominant in the examined facies was the kaolinite group. Only four facies (*Afm*, *Afcats*, *Lam 2* and *Aca*), out of a total of thirteen, did not present a predominantly kaolinitic nature in their results. Based on these observations, it is possible that the lacustrine deposits of montmorillonitic nature, showing greenish color and laminated structures which were identified at the Itambí base strata may favor the ceramic industry since they confer it high plasticity. Equally, the facies which showed a predominance of kaolinite are recognized for presenting a favorably smaller granulometry, with the formation of an early vitreous phase which can unite the mineral particles and, consequently, is less susceptible to cracks during the drying process of the ceramic materials.

Keywords: clay minerals; ceramic materials; depositional systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização dos pontos visitados durante a pesquisa e as principais vias de acesso à região.....	16
Figura 2 –	Síntese das colunas estratigráficas da Bacia do Macacu.....	17
Figura 3 –	Mapa com destaque para as áreas de ocorrência da Formação Macacu..	19
Figura 4 –	Mapa geológico da Bacia do Macacu.....	20
Figura 5 –	Perfil magnético terrestre - Sedimentos espessos decrescendo no sentido NW-SE.....	21
Figura 6 –	Perfil magnético terrestre - ao perfil 2.....	21
Figura 7 –	Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCBSB.....	23
Figura 8 –	Perfil morfo-estrutural interpretado do Gráben da Guanabara.....	24
Figura 9 –	Pólos cerâmicos do Estado do Rio de Janeiro.....	27
Figura 10 –	Frente de extração de argila em Itambí/Itaboraí, RJ.....	28
Figura 11 –	Fluxograma das etapas de laboratório.....	32
Figura 12 –	Localização dos perfis abordados nesta pesquisa.....	38
Figura 13 –	Afloramento onde foi coletada a fácies Lal (ponto ITA 2).....	39
Figura 14 –	Sedimentos referentes à fácies Lam - Itambí (Cerâmica Vila Nova).....	40
Figura 15 –	Perfil sedimentológico 1.....	41
Figura 16 –	Distribuição relativa em phi da fácies Lam em Morada do Sol II, Itambí, RJ.....	42
Figura 17 –	Afloramento caracterizado pela presença de Lamito Arenoso Maciço..	43
Figura 18 –	Perfil sedimentológico 2, fácies Lam.....	44
Figura 19 –	Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho da amostra referente à Lam.....	45
Figura 20 –	Perfil sedimentológico 3, fácies Aca.....	48
Figura 21 –	Aspectos característico de estratos da fácies Aca no ponto ITA 6.....	49
Figura 22 –	Fração areia média da fácies Aca. Lupa binocular.....	50
Figura 23 –	Perfil Sedimentológico 4, afloramento ITA 7.....	51
Figura 24 –	Arenito grosso, granuloso, com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte.....	52
Figura 25 –	Em detalhe, fácies Aca.....	53

Figura 26 –	Fácies Aca. Sets de arenitos maciços acanalados entre grãos de quartzo.	54
Figura 27 –	Na porção intermediária da exposição, são observados estratos da Fácies Aca.....	55
Figura 28 –	A) Distribuição relativa em phi da fácies <i>Aca</i> (ponto de ITA 5), Itambí, RJ; B) Distribuição acumulada em phi de <i>Aca</i> , Itambí, RJ.....	56
Figura 29	Perfil sedimentológico 5 (Morada do Sol 2). Área de coleta da Fácies <i>Aca</i> .....	57
Figura 30	Área aflorante de <i>Aca</i> . Fácies com granulação fina a muito fina.....	58
Figura 31	Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho de <i>Aca</i> na amostra ITA 5, B) Diagrama da Figura..	59
Figura 32	Afloramento da Fácies <i>Asm</i> (ITA 1 a) exibindo granulação mais fina na base – nível arroxeadado na base.....	60
Figura 33 –	Perfil sedimentológico 6, correspondendo à fácies <i>Asm</i> .....	61
Figura 34 –	Afloramento da fácies <i>Asm</i> (ITA 1 a). Arenito médio a grosso argiloso-arroxeadado com grãos de quartzo e feldspato aparentemente maciço.....	62
Figura 35 –	Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho da amostra da fácies <i>Asm</i> , Itambí, RJ.....	63
Figura 36 –	Fácies <i>Asm</i> composta por grânulos esbranquiçados a alaranjados ITA 7(Lagos).....	64
Figura 37 –	Fotomicrografias em microscópio óptico, amostra ITA 1(A).....	65
Figura 38 –	Fotomicrografia em lâmina petrográfica da amostra ITA 1(A).....	66
Figura 39 –	Análise químicas semiquantitativas.....	67
Figura 40 –	Gráfico de distribuição da frequência relativa e acumulada da fácies....	68
Figura 41 –	Exposição da fácies que compreende a amostra ITA 1 (b).....	70
Figura 42 –	Perfil sedimentológico 7. Área de coleta da amostra ITA 1(b).....	71
Figura 43 –	A) Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho de ITA 1(b); B) Diagrama de distribuição granulométrica das frações silte/argila/areia de ITA 1(b), Itambí, RJ....	72
Figura 44 –	(A) Distribuição relativa em phi da amostra ITA 1(b), Itambí, RJ; B) Distribuição acumulada em phi da amostra ITA 1(b), Itambí, RJ.....	72
Figura 45 –	Exposição de estratos da fácies <i>Aci</i> (bolotas de argila), com intraclastos argilosos de 6 cm de diâmetro. Ponto ITA 7.....	73
Figura 46 –	Fácies <i>Aci</i> (Arenito Conglomerático Intraformacional) com clastos de	

	bolas de argila de aproximadamente 6 cm e coloração arroxeada bastante argilosa, ponto 7 (Lagos).....	73
Figura 47 –	Perfil sedimentológico 7. Afloramento constituído por arenito grosso argiloso a muito grosso estratificado da fácies <i>Acm</i> .....	75
Figura 48 –	Perfil sedimentológico 8 referente a amostra de ITA 1(c). Área de coleta da fácies <i>Acm</i> .....	76
Figura 49 –	Fotografia de detalhe de estratos de arenito grosso/muito grosso, conglomerático, no ponto ITA 1(c).....	77
Figura 50 –	Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho da amostra ITA 1(c), Itambí, RJ. ....	78
Figura 51 –	Gráfico de distribuição da frequência relativa ( $\phi$ x % simples) da amostra ITA 1(c), Itambí, RJ; B) Gráfico de distribuição da frequência acumulada ( $\phi$ x % acumulada) da amostra ITA 1(c), Itambí, RJ. <b>Erro! I</b>	78
Figura 52 –	Afloramento do ponto 7 (Lagos). Sucessivo conjunto de fácies.....	79
Figura 53 –	Coluna estratigráfica proposta para a área de Itambí. ....	84
Figura 54 –	Carta estratigráfica da Bacia do Macacu para a área de Itambí. Modificado e adaptado de Ferrai (2001), Caldas ( <i>apud</i> Gonçalves, 2004) e Percilio (2010).....	88
Figura 55 –	Difratograma de raios X da amostra ITA 1(a). Co $K\alpha$ (35kV/40 mA).....	90
Figura 56 –	(A) Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração argila na Amostra ITA 1(a). Elétrons secundários; (A) Conjunto de aglomerados; (B) Detalhe da região assinalada.....	91
Figura 57 –	Difratograma de raios X da amostra ITA 1(b). Co $K\alpha$ (35kV/40 mA).....	91
Figura 58 –	Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila da Amostra ITA 1(b). Elétrons secundários. Nódulos de geometria sub-angular a angular. ....	92
Figura 59 –	Difratograma de raios X da amostra ITA 1(c). Co $K\alpha$ (35kV/40 mA). Elétrons secundários. Caulinita predominante seguida por haloisita e quartzo. ....	93
Figura 60 –	(A) Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração	

	argila da Amostra ITA 1(c). Elétrons secundários; (A) Conjunto de aglomerados; (B) Detalhe da região contendo cristais caulínicos de aproximadamente 2µm. ....	94
Figura 61 –	Difratograma de raios X da amostra ITA 2. Co Kα (35kV/40 mA). Predominância de montmorillonita e secundariamente caulinita na amostra.....	95
Figura 62 –	Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila da Amostra ITA 4.....	96
Figura 63 –	Difratograma de raios X da amostra ITA 5. Co Kα (35kV/40 mA).....	97
Figura 64 –	Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração argila na Amostra ITA 4.2.....	98
Figura 65 –	Difratograma de raios X da amostra ITA – 5.....	99
Figura 66 –	Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila na Amostra ITA 5. Elétrons secundários.....	99
Figura 67 –	Difratograma de raios X da amostra ITA – 6.8. Co Kα (35kV/40 mA). Picos agudos de 14, 46 e 29,08 indicativos de caulinita predominantemente na amostra sucedida por haloisita e quartzo. ....	100
Figura 68 –	Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila na Amostra ITA 5. Elétrons secundários. (A) Panorama mais amplo da amostra; (B) Cristais de caulinita empilhados ou agregados de 4 a 6 µm em média. ....	100
Figura 69 –	Difratograma de raios X da amostra ITA 6. Co Kα (35kV/40 m. A).....	101
Figura 70 –	Imagem obtida por Microscópio Eletrônico de Varredura da Amostra ITA 6. ....	102
Figura 71 –	Difratograma de raios X das amostras do perfil ITA 7. ....	103
Figura 72 –	Difratogramas de raios X das amostras de ITA 7. Co Kα (35kV/40 mA).....	104
Figura 73 –	Imagens obtidas por Microscópio Eletrônico de Varredura. Elétrons secundários. (A) Amostra ITA 7.5 e (B) Amostra ITA 7.4.....	105

Figura 74 – Difrátogramas de raios X das amostras de ITA 7. Co K $\alpha$ (35kV/40 mA). (A) ITA 7.2 exibindo argilominerais de montmorillonita; (B) ITA 7.3.....	106
Figura 75 – Imagens obtidas por Microscópio Eletrônico de Varredura. Elétrons secundários. (A) Amostra ITA 7.2; e (B) Amostra ITA 7.3.....	107
Figura 76 – Difrátograma de raios X da amostra ITA 8.1. Co K $\alpha$ (35kV/40 mA). Argilominerais de caulinita e haloisita em contraste as amostras do topo do afloramento.....	108
Figura 77 – Imagem obtida por Microscópio Eletrônico de Varredura da Amostra ITA 7.1. Elétrons secundários.....	108
Figura 78 – Distribuição granulométrica de todas as amostras na presente pesquisa relacionado-as aos ambientes identificados.....	111

### LISTA DE TABELA

Tabela 1 –	Quantitativo de empresas/produção de peças por mês e mão-de-obra...	29
Tabela 2 –	Procedimentos necessários na pipetagem associando granulometria/ profundidade/intervalos de tempo para cada tipo de sedimento que se almeja obter.....	33
Tabela 3 –	Localidades estudadas com os respectivos pontos e amostras identificados.....	37
Tabela 4 –	Principais características reconhecidas dos depósitos sedimentares da Formação Macacu na área de Itambí.....	81
Tabela 5 –	Identificação dos minerais segundo os picos $2\theta$ e índices hkl.....	89

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1	<b>OBJETIVOS</b> .....	26
1.1	<b>Localização da área de estudo</b> .....	26
2	<b>GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	17
2.1	<b>A bacia do macacu</b> .....	17
2.2	<b>Contexto regional da bacia do Macacu em relação às bacias tafrogênicas do sudeste brasileiro</b> .....	22
3	<b>SITUAÇÃO DO SETOR CERÂMICO EM ITAMBÍ</b> .....	25
4	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	30
4.1	<b>Levantamentos de campo</b> .....	30
4.2	<b>Trabalho de laboratório</b> .....	30
4.3	<b>Preparação das amostras</b> .....	31
4.3.1	<b><u>Separação granulométrica</u></b> .....	31
4.3.2	<b><u>Separação dos teores de silte e argila</u></b> .....	33
4.4	<b>Difração de raios x</b> .....	34
4.5	<b>Microscópio eletrônico de varredura</b> .....	34
4.6	<b>Análise e processamento dos dados</b> .....	36
5	<b>CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA</b> .....	36
5.1	<b>Lamito Arenoso Laminado (Lal) e Lamito arenoso Maciço (Lam)</b> .....	39
5.2	<b>Fácies Arenito Cruzado Acanalado - Aca</b> .....	46
5.3	<b>Fácies Arenito Seixoso Maciço - <i>Asm</i></b> .....	60
5.4	<b>Arenito Conglomerático com Intraclastos Lamíticos - Aci</b> .....	69
5.5	<b>Fácies Arenito Conglomerático Maciço - Acm</b> .....	74
6	<b>CARACTERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES INTERPRETAÇÃO</b> .....	81
6.1	<b>Associações de Fácies Sedimentares da Formação Macacu em Itambí</b> .....	81
6.2	<b>Associação de Fácies A - Lacustre</b> .....	82
6.3	<b>Associação de Fácies B - Leques aluviais</b> .....	83
6.4	<b>Associação de Fácies C - Sistema Fluvial Entrelaçado</b> .....	85
6.5	<b>Associação de Fácies D - Sistema Fluvial Entrelaçado: Fácies</b>	

	<b>Cascalhentas.....</b>	<b>86</b>
6.6	<b>Caracterização Depositional.....</b>	<b>86</b>
7	<b>MINERALOGIA DAS ARGILAS.....</b>	<b>89</b>
7.1	<b>Ponto 1- Amostra ITA 1 (a): Fácies Asm.....</b>	<b>90</b>
7.2	<b>Amostra - ITA 1(b): Fácies Aci.....</b>	<b>91</b>
7.3	<b>Amostra - ITA 1 (c): Fácies Acm.....</b>	<b>93</b>
7.4	<b>Amostra - ITA 2: Fácies La.....</b>	<b>95</b>
7.5	<b>Amostra - ITA 3: Fácies Lam.....</b>	<b>96</b>
7.6	<b>Amostra – ITA 4: Fácies Lam.....</b>	<b>98</b>
7.7	<b>Amostra - ITA 5: Fácies Aca.....</b>	<b>100</b>
7.8	<b>Amostra ITA 6: Fácies Aca.....</b>	<b>101</b>
7.9	<b>Amostra ITA 7.....</b>	<b>102</b>
7.10	<b>Amostras ITA 7.4 e ITA 7.5: Fácies Lam.....</b>	<b>103</b>
7.11	<b>Amostras ITA 7.3 e ITA 7.2: Fácies Lam e Aca.....</b>	<b>105</b>
7.12	<b>Amostras 7.1: Fácies Asm.....</b>	<b>107</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>109</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXO A - Fotografias Obtidas por Lupa Binocular.....</b>	<b>117</b>

## INTRODUÇÃO

O presente estudo envolve o detalhamento das argilas da região de Itambí, situado no município de Itaboraí, RJ. Os depósitos argilosos a areno-conglomeráticos, existentes na região de Itambí, foram originalmente atribuídos à Formação Barreiras (Dalcolmo *et al*, 1982). Esses depósitos despertam interesse do ponto de vista econômico e científico já que há décadas vem sendo explorados para a produção de cerâmica vermelha.

As jazidas de argila, conhecidas localmente como “barreiros”, constituem lavras a céu aberto operando de maneira rudimentar, tanto na escolha do estrato sedimentar a ser explorado, como no tratamento das argilas durante a transformação em produtos como telhas e tijolos.

## 1 OBJETIVOS

O objetivo principal do presente estudo é o detalhamento sedimentológico e caracterização dos argilominerais dos depósitos da Formação Macacu na região de Itambí/Itaboraí, situando essa unidade em seu contexto deposicional.

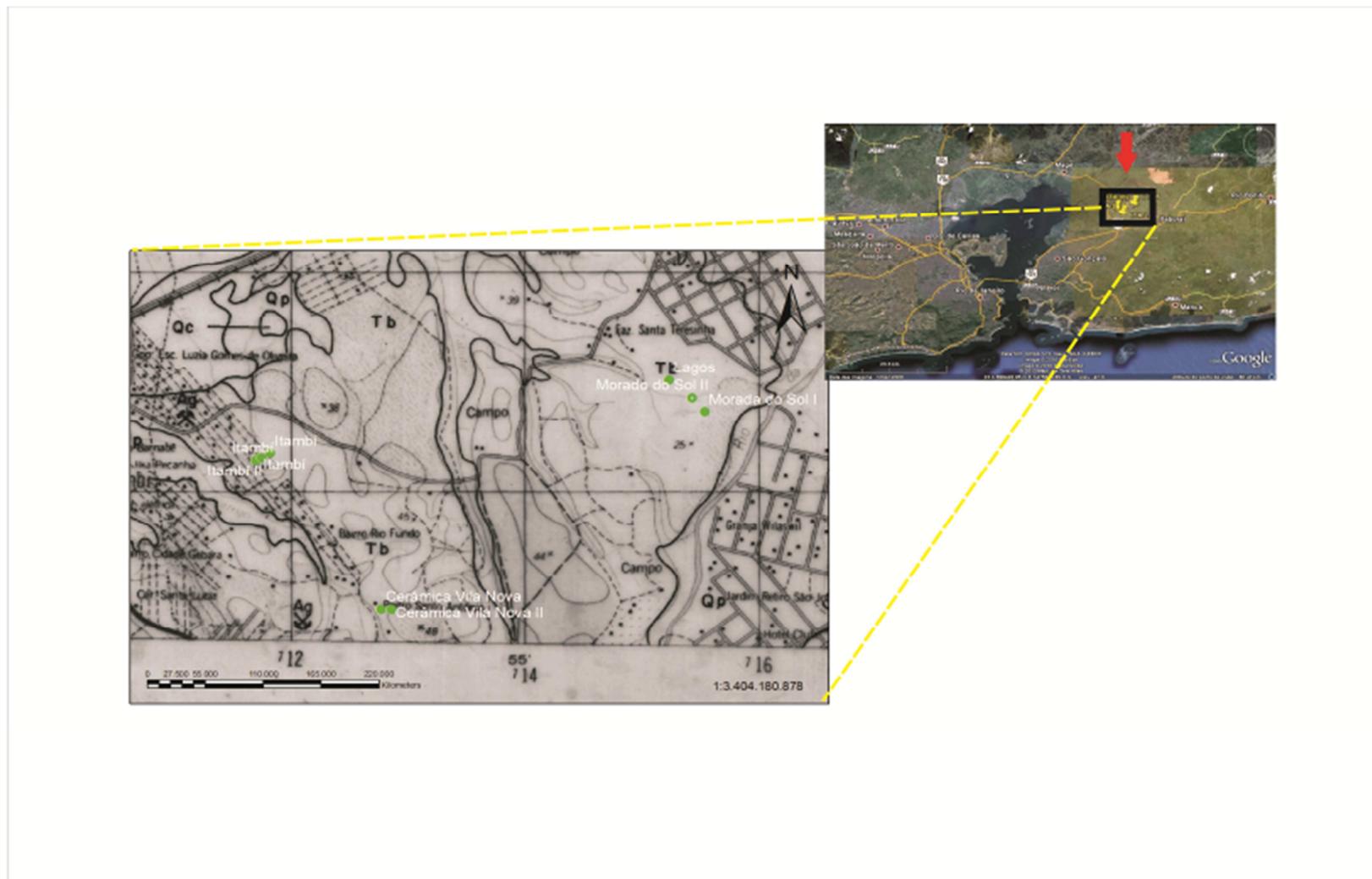
### 1.1 Localização da área de estudo

A área de enfoque situa-se no distrito de Itambí, no município de Itaboraí, onde localiza-se um dos pólos ceramistas do estado. Essa região é recoberta pelos sedimentos pertencentes à Bacia do Macacu (Ferrari, 2001).

A Bacia do Macacu está localizada no contexto centro-sul do estado do Rio de Janeiro e apresenta uma área de cerca de 600 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Itaboraí, Magé e São Gonçalo (Mantesso-Neto *et al.* 2004).

As principais vias de acesso são a rodovia BR-101, conhecida como Niterói – Manilha, que atravessa praticamente todo município de Itaboraí, e a BR-493, conhecida como antiga Rio-Magé. A figura 1 apresenta a área investigada, bem como as frentes de lavra e os afloramentos visitados neste estudo.

Figura 1- Localização dos pontos visitados durante a pesquisa e as principais vias de acesso a região



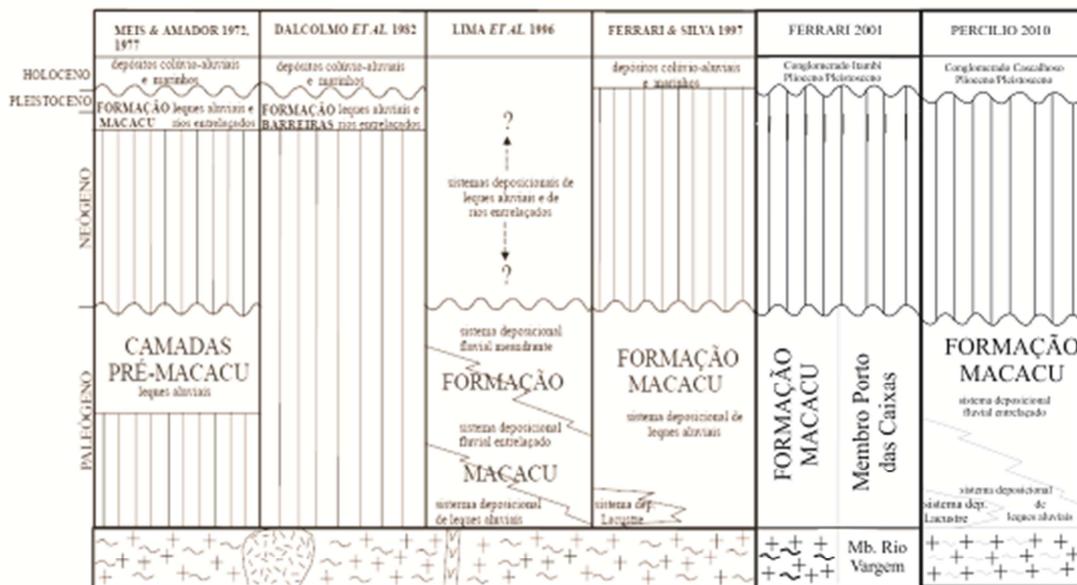
Fonte: Modificado da Carta do Brasil escala 150 000 preparado pelo IBGE em convênio com FURNAS-Centrals Elétricas S/ levantamento aerofotográfico de 1969.

## 2 GEOLOGIA REGIONAL

### 2.1 A bacia do macacu

Depósitos cenozóicos em áreas adjacentes à Baía da Guanabara são conhecidos desde o século XIX (Hartt, 1870). Entretanto, a sistematização e a dedicação no final dos anos 1970 e início dos anos 1980 de um grupo de autores permitiram um avanço significativo no estudo da região da Bacia da Guanabara sob a perspectiva sedimentar (Figura 2).

Figura 2 - Síntese das colunas estratigráficas da Bacia do Macacu



Fonte: Ferrari, 2001.

No desdobrar dos estudos clássicos de Meis & Amador (1972, 1974 e 1977) e Amador (1980 e 1997) sobre os depósitos cenozóicos que afloram no recôncavo da Baía da Guanabara, os sedimentos correlacionados preteritamente à Formação Barreiras são divididos em Camada Pré-Macacu (terciária) e Formação Macacu, de idade plio-pleistoscênica. Posteriormente, as duas unidades foram novamente reunidas em uma única por Dalcolmo *et al.* (1982), correlacionando-as à Formação Barreiras, de idade plio-pleistoscênica, a mesma apontada para a Formação Macacu proposta por Meis & Amador (Figura 2).

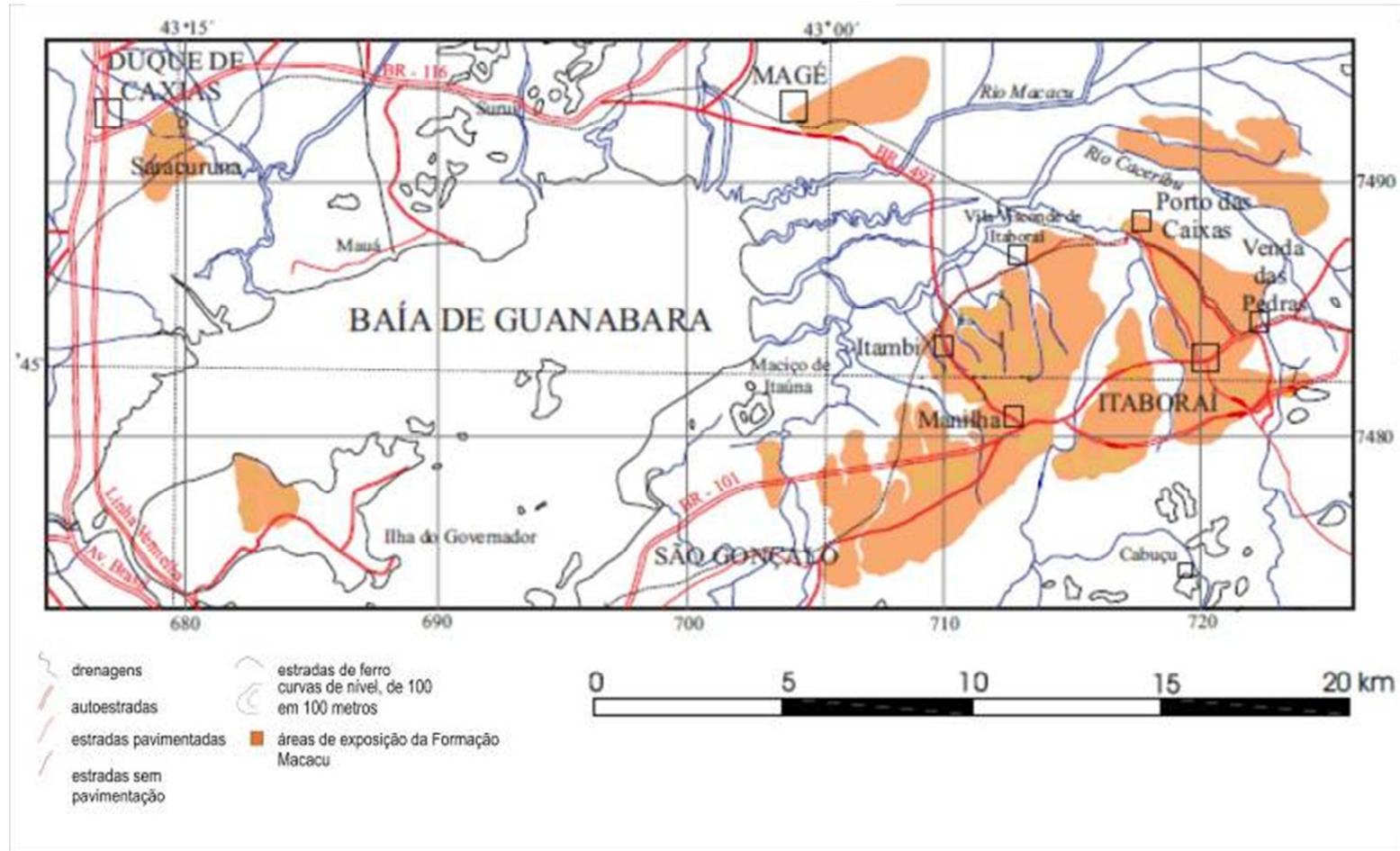
Baseado na tectônica que envolve esta região, Almeida (1976) relaciona essas unidades sedimentares cenozóicas ao contexto das unidades sedimentares do *Rift da Guanabara*, e as insere no Sistema de Riftes da Serra do Mar (SRSM).

Nessa concepção de Almeida (1976), ampliada e atualizada por outros estudos (Melo *et al.* 1985, Riccomini 1989; Zalán e Oliveira 2005), a Bacia do Macacu compõe um conjunto de bacias tafrogênicas de idade cenozóica, orientadas segundo a direção NE a ENE, dispostas relativamente próximas às principais feições estruturais da região Sudeste do Brasil. Este conjunto de bacias tafrogênicas tem recebido designações diferenciadas distribuindo-se desde a região NE de Santa Catarina, até as proximidades de Barra de São João, no NE do estado do Rio de Janeiro. Tais depressões podem ser relacionadas à evolução da margem continental brasileira.

Em termos estruturais, a Bacia do Macacu é uma bacia extensional e caracteriza um gráben assimétrico preenchido pela formação homônima (Ferrari, 2001). Recobre aproximadamente 400 km<sup>2</sup> sobre Itaboraí, Magé e São Gonçalo; além de áreas isoladas em Duque de Caxias e na Ilha do Governador, a oeste e sudoeste, respectivamente, de sua área principal (Figura 3).

Alongada na direção ENE-WSW, a Bacia do Macacu se estende na direção ENE por cerca de 25 km a partir do limite nordeste da Baía da Guanabara.

Figura 3 - Mapa com destaque para as áreas de ocorrência da Formação Macacu

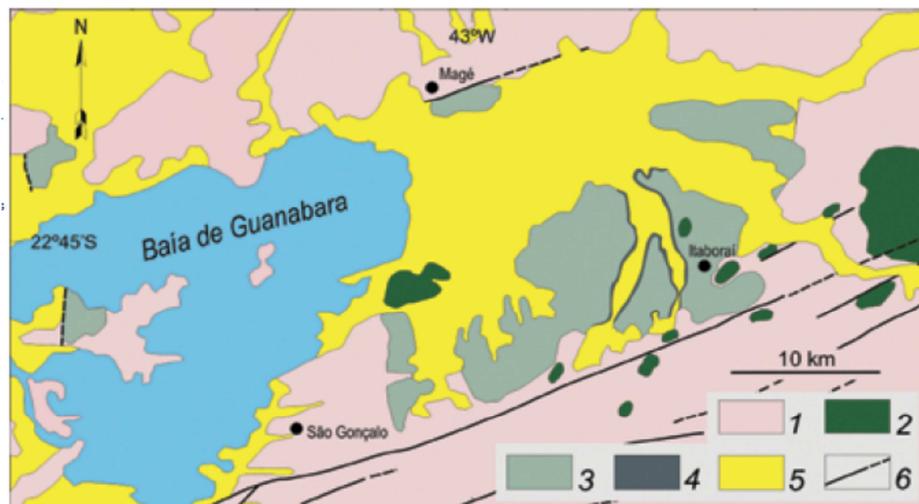


Fonte: Ferrari, 2001.

De acordo com os modelos mais recentes (e.g. Zalán e Oliveira 2005), o registro preservado da Bacia do Macacu está inserido no contexto do Rifte da Guanabara, que se estende de Sepetiba, a oeste, até Barra de São João, no flanco leste, ultrapassando 200 km de extensão. Deste modo, as áreas que limitam a Bacia do Macacu atualmente são compreendidas pela:

- a) Borda sudeste – o limite corresponde à passagem brusca entre o domínio geomorfológico da bacia e o embasamento, coincidente com a Falha de Rio Bonito de direção ENE;
- b) Borda noroeste - o limite é relacionado a um degrau entre o embasamento e os sedimentos da Bacia, também na direção ENE, nas proximidades de Magé. Localmente um vale se encaixa neste degrau e pode ser seguido por mais de uma dezena de quilômetros (Gonçalves, 2004);
- c) Borda oeste - pode se inferir um limite aproximado N-S, paralelo às falhas normais, caracterizados ao sul de Magé. Este limite é obliterado pela sedimentação marinha holocênica.
- d) Borda nordeste – a ausência de afloramentos torna difícil a caracterização dos depósitos e, em consequência, impede o entendimento neste flanco (Figura 4).

Figura 4 - Mapa geológico da Bacia do Macacu

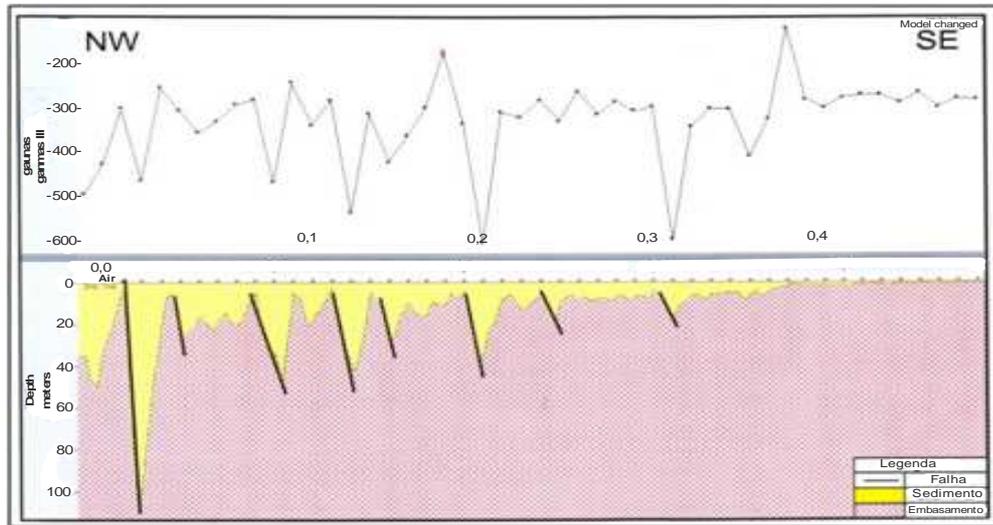


Nota: 1) Embasamento Pré-Cambriano; 2) plugs e stocks de rochas alcalinas mezozóico-cenozóicas; 3) Formação Macacu, Membro Porto da Caixas (depósitos de leques de planícies aluviais); 4) Formação Macacu, Membro Rio Vargem (depósitos lacustres); 5) Sedimentos quaternários; 6) Falhas (tracejado contínuo).

Fonte: Mantesso Neto *et al.* 2004.

Falhamentos de direção NE-SW, de caráter subvertical, predominantes na Bacia do Macacu, incidem também na porção NW. Em relação à espessura sedimentar encontrada por Gonçalves (2004) são notáveis os sedimentos no flanco NW que ultrapassam 100 m de espessura (Figuras 5 e 6).

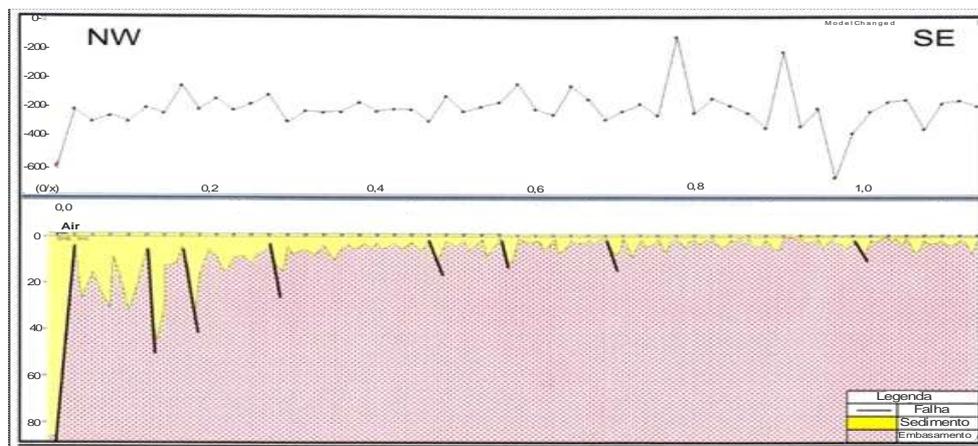
Figura 5 - Perfil magnético terrestre. Sedimentos espessos decrescendo no sentido NW-SE.



Fonte: Gonçalves, 2004.

Na porção NW da bacia a espessura chega a 85 m, enquanto na porção SE esta espessura é reduzida consideravelmente a uma média de 1-5 metros (Gonçalves, 2004 - Figura 6).

Figura 6 - Perfil magnético terrestre observando-se tendência similar em relação ao perfil 2



Fonte: Gonçalves, 2004.

Assim, estudos mais recentes sobre a Bacia do Macacu (Caldas, 2004 *apud* Gonçalves 2004); e Costa & Ferrari (2005) corroboram Ferrari (2001) por entender as Bacias Continentais do Sudeste Brasileiro como resultante deste evento tafrogenético, refletindo os traços regionais do arcabouço estrutural e a geomorfologia exposta localmente como um conjunto de blocos alongados segundo ENE escalonados e basculados no sentido NNW durante a estruturação da bacia.

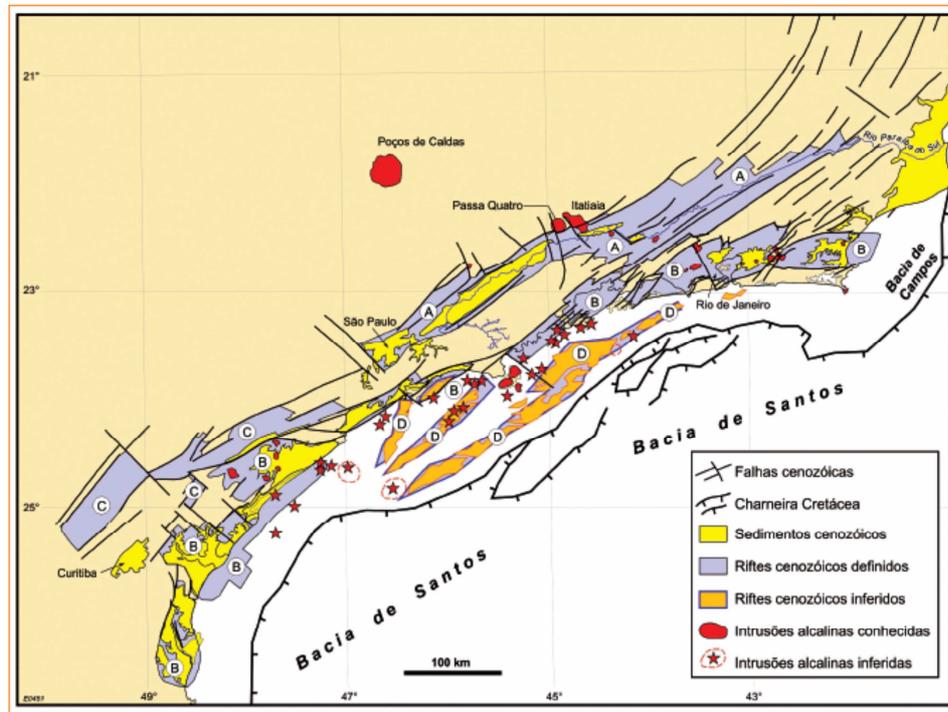
## **2.2 Contexto regional da bacia do macacu em relação às bacias tafrogênicas do sudeste brasileiro**

Desde o trabalho de Almeida (1976), surgiram propostas diferenciadas para caracterizar o contexto geológico-estrutural das bacias tafrogênicas do litoral sudeste do Brasil. As mais recentes são aquelas de Riccomini (1989) e Zalán e Oliveira (2005).

Riccomini (1989) propõe a designação “Rifte Continental do Sudeste do Brasil” (RCSB) para englobar esse conjunto de bacias. Nessa concepção, o RCSB, de idade paleógena, é uma depressão alongada e deprimida com pouco mais de 900 km de comprimento, desenvolvida entre as cidades de Tijuca do Sul, no estado de Paraná, e a área submersa adjacente a Macaé, no estado do Rio de Janeiro. O rifte segue a linha de costa atual, da qual dista 70 km, alcançando o Oceano Atlântico em seu segmento ocidental na terminação nordeste (Riccomini, 1989).

Zalán & Oliveira (2005), por sua vez, denominaram a associação das Serras do Mar e Mantiqueira com os vales tectônicos intervenientes e suas extensões na plataforma continental das bacias de Santos e Campos de “Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil” (SRCSB). Zalán & Oliveira (2005) também delimitaram riftes como áreas de grandes dimensões, alguns ocupando regiões mais restritas, pacotes sedimentares aprisionados. Bordas falhadas e flexurais, zonas de acomodação, falhas transcorrentes e compartimentos menores como grábens e sub-grábens foram interpretados. Com isso, foram definidos quatro grandes riftes, são eles: Riftes Paraíba do Sul, Rifte Litorâneo ou corredor de gráben (no qual a Bacia do Macacu está inserida), Rifte Ribeira e o Rifte Marítimo (Figura 7).

Figura 7 - Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCSB



Nota: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo; de suas falhas limitantes, preenchimentos sedimentares, intrusões /lavas alcalina, charneira cretácea das Bacias de Santos/Campos e o Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Zálan & Oliveira, 2005.

Assim, os autores (Zálan e Oliveira, *Op. cit*) buscaram demonstrar que a alternância de serras e vales/planícies intervenientes do Sudeste do Brasil constitui notável sucessão de *horsts* e grábens escalonados, assimétricos, com bordas falhadas e flexurais, além de zonas de acomodação e falhas transferentes segmentando-os em grábens. Zálan e Oliveira, (*Op. cit*) também definiram riftes como corredores de vales tectônicos deprimidos ao longo de falhamentos normais planares e rotacionais. Os termos grábens e sub-grábens são entendidos como feições menores dentro de feições (*rifts*) maiores. O termo bacia, entretanto é designado para as pequenas e eventuais acumulações de sedimentos no interior dos grábens.

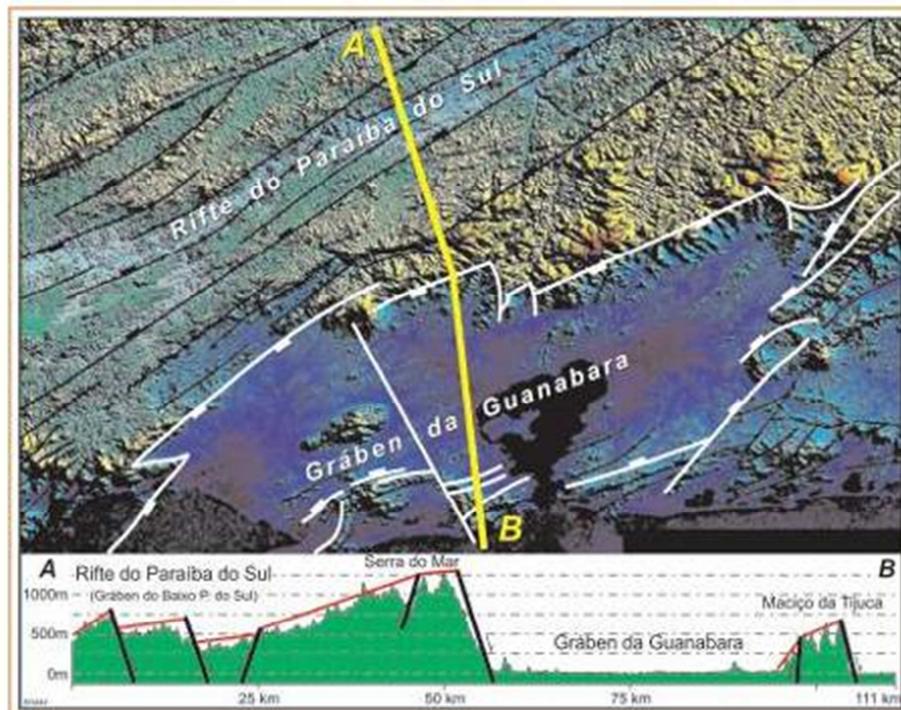
O material erodido das topografias mais elevadas na paleo-Serra do Mar depositou-se nestes grábens ou bacias como na Bacia de Santos, Campos e Espírito Santo e conseqüentemente influxos anômalos de sedimentos nesses locais devem responder a pulsos de soerguimentos oriundos das áreas fontes adjacentes.

A formação de uma extensa cadeia de montanhas decorrente do abatimento seletivo de blocos propiciou a geração de grábens e ombreiras, rejuvenescendo a erosão do embasamento cristalino e conseqüentemente ampliou a carga sedimentar nas drenagens que percorreram

para o interior dos riftes e para as bacias marginais adjacentes (Zálan & Oliveira, 2005). Segundo Zálan & Oliveira (2005), os quatro grandes riftes subparalelos detentores de compartimentos menores (grábens e subgrábens) conduzem ao entendimento de uma tectônica distensional típica, caracterizada por possuir estruturas como: borda falhada e flexural, perfis de blocos planares rotacionados (tectônica dominó) e grábens assimétricos/simétricos, comuns em outros riftes.

Neste sentido, o Gráben da Guanabara (Zálan 2004a *apud* Zálan e Oliveira, 2005) é subdividido em unidades menores denominadas sub-grábens: Baía da Guanabara, Guandu-Sepetiba e Paraty; separados por um divisor de águas (Zona de transferência Tinguá-Tijuca) e pela região rica em ilhas que separa as baías de Sepetiba e Ilha Grande (Zona de acomodação de Ilha Grande - Sepetiba). O estilo tectônico dominó (Zálan & Oliveira, 2005) predomina nestes perfis morfo-tectônicos (Figura 8).

Figura 8 - Perfil morfo-estrutural interpretado do Gráben da Guanabara



. Nota: A linha vermelha corresponde a altitude atual da Superfície de Aplainamento Japi.  
Fonte: Zálan & Oliveira, 2005.

### 3 SITUAÇÃO DO SETOR CERÂMICO EM ITAMBÍ

A produção de material cerâmico geralmente acompanha as movimentações dos mercados conhecidos como *commodities*. Nestes casos, o preço do produto é caracterizado pelo seu reduzido valor agregado e pouca ou nenhuma transformação da matéria-prima, muito dependente dos recursos naturais locais e das condições meteorológicas. Para reforçar esta situação, o uso de aparato tecnológico, disponibilidade de mão de obra qualificada, existência de um mercado competitivo e os custos no transporte do produto final, são determinantes capazes de influenciar negativa ou positivamente na qualidade do produto final e nos preços de venda dos materiais cerâmicos.

Em Itaboraí, diversos aspectos favorecem uma ascensão econômica e produtiva em algumas indústrias, e, paralelamente, um declínio em outras. Dentre os fatores relevantes ao desenvolvimento industrial cerâmico no município, está à planície aluvial do Rio Macacu, que atravessa trechos importantes de extração argilomineral, principalmente no distrito de Itambí.

Apesar disso, as condições gerais que explicam a presença disseminada da atividade ceramista em Itaboraí bem como em outras áreas do estado do Rio de Janeiro apontam para a existência de matéria-prima de qualidade, ampla distribuição de jazidas de argilominerais, proximidade dos mercados, base infra-estrutural privilegiada e cultura empresarial. Esses aspectos foram preponderantes para a constituição de territórios específicos ou aglomerados produtivos (Cabral *et al.*, 2005, *apud* Luz, & Lins, 2008).

Inicialmente, a indústria de cerâmica não necessitava de grandes capitais iniciais. A matéria-prima e o combustível, sucessivamente extraídos do terreno do imóvel rural onde se alojava a indústria ainda muito ligada às atividades rudimentares e ao cultivo agrícola até meados do século XX, barateavam o custo do investimento. Ao longo do tempo, entretanto, a lenha (cada vez mais escassa) foi substituída pelo diesel, diretamente influenciado pelas oscilações dos preços do petróleo.

Neste sentido, a tradicional produção de insumos para a construção civil no estado do Rio de Janeiro constitui uma das atividades econômicas mais importantes para o estado (Dalcolmo *et al.*, 2006). Principalmente para o setor das argilas e produtos cerâmicos, o estado está dividido em três pólos cerâmicos: pólos cerâmicos de Itaboraí - Rio Bonito; Médio Paraíba e Campos dos Goytacazes (Figura 9).

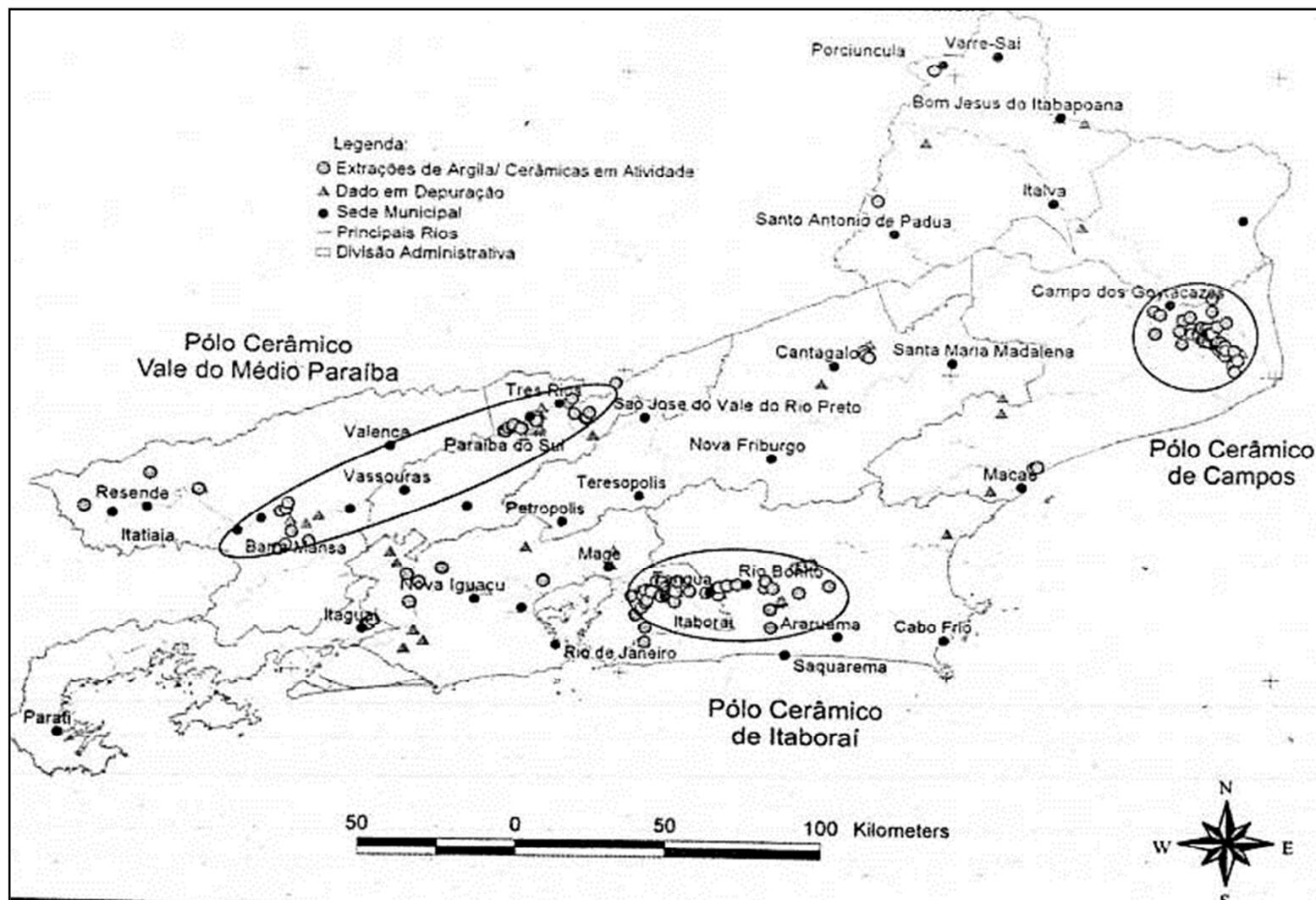
Para Dalcolmo *et al* (2006), as argilas podem ser genericamente denominadas de “taguás” e “tabatinga”, e pertencem ao que este autor prefere denominar Grupo Barreiras

(pertencentes na concepção do presente estudo de Formação Macacu). As “taguas” são definidas no tempo geológico como do Terciário. Bastante comuns na região, geralmente apresentam pouca impureza e contribuem na fabricação de cerâmica vermelha, uma vez que a quantidade de materiais como quartzo, feldspatos ou mesmo a matéria orgânica inserida nestes depósitos não compromete significativamente o resultado do produto final.

As “tabatingas”, por outro lado, são provenientes de sedimentação quaternária das baixadas litorâneas e das várzeas dos rios no interior, e consistem de argilas caulínicas, dispostas em leitos de rios. Algumas em termos de composição possuem quantidades significativas de areias e, em outros trechos, há o predomínio de areia pura, escurecida de maneira freqüente pela presença de matéria orgânica (Dalcolmo *et al* 2006). Normalmente produto de meteorização de rocha granito-gnáissica, necessita, de acordo com a demanda da indústria, ser misturada com as argilas do tipo “taguás”.

Dalcolmo *et al* (2006) observam que esses depósitos de pequenos morrotes de topografia suave são constituídos por uma sucessão irregular de lentes argilosas, argilo-arenosas e de bolsões descontínuos, cuja espessura é da grandeza de 2 metros. Neste sentido, podem-se enumerar dois fatores que exprimem as vantagens no manejo nas áreas de lavra na região de Itaboraí. O primeiro deles é à topografia suave que favorece a retirada do material através de caminhões, uma prática bastante comum.

Figura 9 - Pólos cerâmicos do Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: Dalcolmo *et al*, 2006.

A espessura deste material também é um fator que auxilia na extração. Muito comuns na região, as cerâmicas que exploram estes barreiros são capazes de realizar a extração de grandes quantidades de argilas em um curto período de tempo, decorrente, principalmente da abrangência territorial destes depósitos (Figura 10).

Figura 10 - Frente de extração de argila em Itambí/Itaboraí, RJ



Fonte: O autor, 2009.

Apesar da mistura entre “taguá” e “tabatinga” ser frequente na maior parte dos pólos produtores de argilas do estado, uma vez que contribui para o aumento da plasticidade das argilas, na região de Itambí essa prática não é comum, em decorrência da baixa frequência nesta região de depósitos de “tabatinga” (Dalcolmo *et al*, 2006). Ainda assim, um conjunto de características destaca esta região como um dos principais pólos produtores-industriais de cerâmica no Estado do Rio de Janeiro (Tabela 1).

Tabela 1: Quantitativo de empresas/produção de peças por mês e mão-de-obra.

<b>Pólos e Grupamentos</b>	<b>Número de Empresas</b>	<b>Produção (peças/mês)</b>	<b>Mão-de-obra direta</b>
Itaboraí	62	30 000 000	1.700
Vale do Médio Paraíba	20	10 000 000	700
Campos dos Goytacazes	108	80 000 000	3.700
Outros grupamentos	22	12 000 000	600
<b>TOTAL</b>	<b>216</b>	<b>132 000 000</b>	<b>6. 700</b>

Fonte: Dalcolmo, *et al* 2006.

Apesar de o pólo de Itaboraí possuir menor número de empresas se comparado a Campos, o desenvolvimento do Pólo de Campos constitui fenômeno recente e é consequente dos investimentos proporcionados pelo setor petrolífero. O desenvolvimento regional propiciado pelo setor petrolífero em Campos dos Goytacazes ocorreu em detrimento da situação do pólo cerâmico de Itaboraí que observou um declínio gradativo de suas indústrias, obtendo sérios reflexos no setor de construção civil que aos poucos torna os preços dos materiais cerâmicos produzidos em Campos mais acessíveis se comparados aos preços aplicados em Itaboraí.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Levantamentos de campo**

Foram realizadas três incursões a área de estudo. Na primeira visita foram obtidas informações preliminares e anotações sobre os melhores pontos para a confecção de perfis sedimentológicos. A caracterização faciológica no decorrer das etapas do trabalho considerou aspectos importantes na diferenciação de fácies, como: composição, granulometria, seleção dos grãos, estruturas sedimentares, coloração e geometria das camadas.

Na segunda visita, realizou-se o levantamento de perfis sedimentológicos ao longo dos afloramentos. Além disso, realizou-se a coleta de amostras e a aquisição de fotografias dos afloramentos visitados.

Na terceira ida a campo continuou-se a aquisição de fotografias e a coleta de amostras que totalizariam 13 amostras coletadas e descrição de oito perfis sedimentológicos.

### **4.2 Trabalho de laboratório**

Os trabalhos de laboratório consistiram na preparação das amostras no Laboratório Geológico de Processamentos de Amostras da Faculdade de Geologia da UERJ. A análise granulométrica e a separação da fração argila foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Oceanografia da UERJ; a difração de raios X ocorreu no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM-MCT). As imagens de microscopia eletrônica de varredura foram realizadas no Laboratório de Apoio a Micropaleontologia da Faculdade de Geologia da UERJ (C). Na figura 11, estão organizadas as etapas e metodologias desenvolvidas na presente pesquisa.

### 4.3 Preparação das amostras

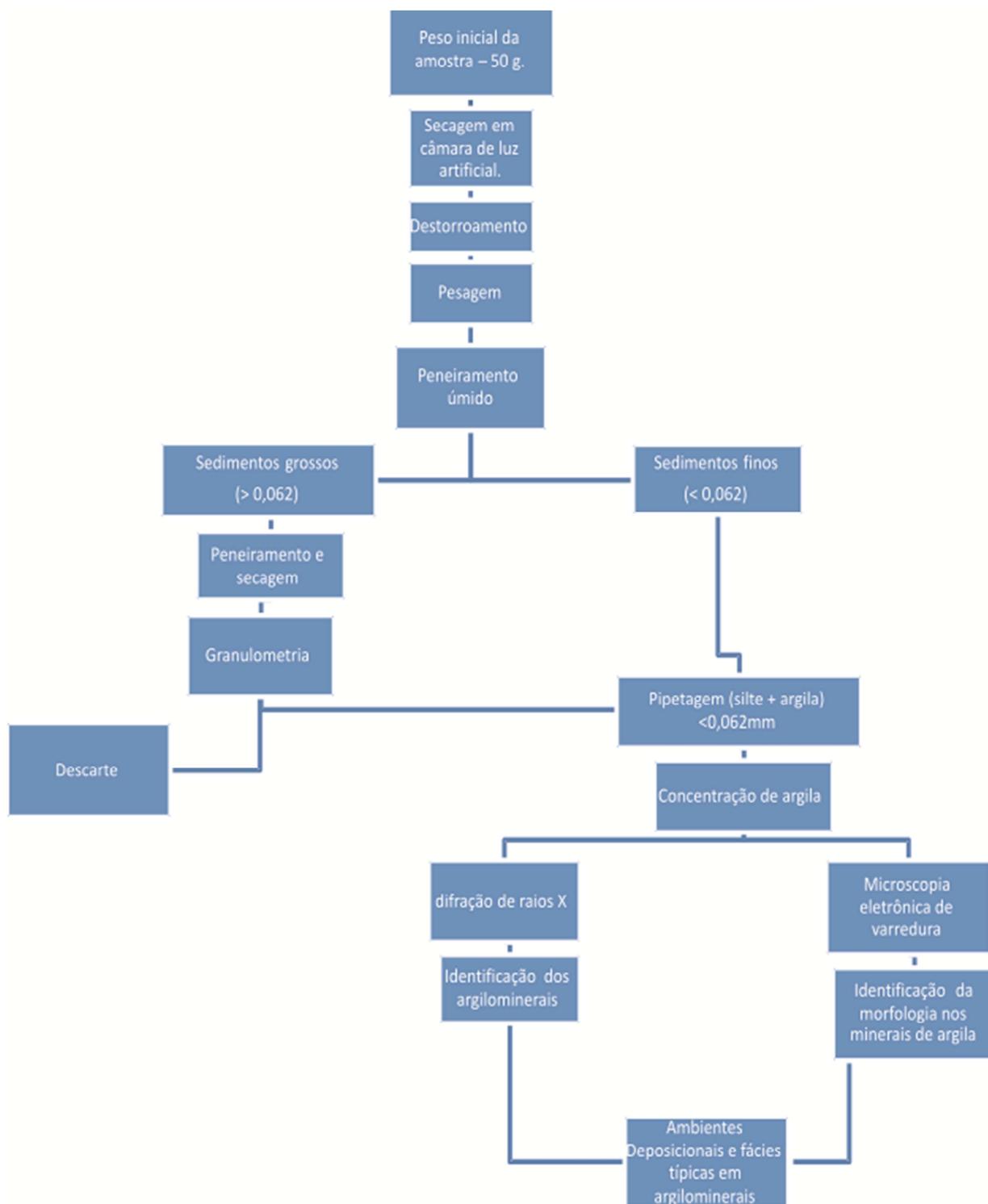
O peso inicial das amostras variou de 200 g a 500 g (para as menos friáveis), passando em seguida pela secagem à luz artificial e pelo destorroamento dos grânulos e agregados normalmente preservados devido à umidade natural das argilas. Quando necessário, procedeu-se à secagem das amostras através de estufa a 50 °C seguindo-se a etapa de separação granulométrica.

#### 4.3.1 Separação granulométrica

A separação granulométrica envolveu as seguintes etapas:

- a) Pesagem de 50 g de amostra de sedimentos pulverizados aleatoriamente (amostras ITA 1 até ITA 7) e 100 g para as amostras ITA 8.1 a 8.5. Em seguida, o material foi peneirado manualmente com o auxílio de 1 litro de água destilada em uma peneira de 0,062 mm de abertura. O passante foi conduzido à proveta de decantação, já o material retido foi conduzido à secagem e posteriormente peneirado utilizando-se peneiras de abertura em mm através do vibrador de peneiras durante 15 minutos. Em geral, esse peneirador provoca simultaneamente uma movimentação vertical e horizontal (Dias, 2004). As partículas retidas no anteparo das peneiras (< 0,062 mm) após os 15 minutos recomendados foram introduzidas à proveta para pipetagem com o intuito de separar a argila do silte.
- b) A segunda etapa envolveu a utilização dos dados obtidos através de peneiramento da fração areia. Esses dados foram analisados pelo programa GRADISTAT v.4 – *A Grain Size Distribution and Statistic Package for the Analyses of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer* (Blott, 2000). A partir deste programa foi obtida a divisão granulométrica de cada amostra, a distribuição amostral, e a classificação do material presente na amostra, representada pelo triângulo de Shepard.

Figura 11 - Fluxograma das etapas de laboratório envolvidas no presente estudo



Fonte: O autor, 2010.

#### 4.3.2 Separação dos teores de silte e argila

Para a separação da fração silto-argilosa nas provetas foi necessário adicionar 60 ml de defloculante (1 g de silicato de sódio e 20 ml de água destilada) aquecidos a 60° C garantindo a decantação dessas partículas em intervalos de tempo definidos. Estas análises baseiam-se nas mudanças de concentração de partículas em uma suspensão originalmente uniforme, coletadas por pipeta em intervalos de tempo definidos (Tabela 2).

Para tal, é necessário pipetar a alíquota a uma profundidade que garanta a inexistência de partículas maiores que as da fração pretendida, por estarem em sedimentação a níveis mais profundos. Isto é conseguido, segundo Dias (2004), aplicando-se a Lei de Stokes. O equipamento utilizado é constituído por provetas com amostra, agitador específico para homogeneização na proveta, sete béqueres de 25 ml, pipeta adaptada com pipetador manual e cronômetro. Por último, foi também necessário aumentar a concentração de argila (< 0,062 mm) em cada amostra com o intuito de obter quantidade significativamente maior de material para a exposição em difração de raios X e para a exposição em microscópio eletrônico de varredura.

Tabela 2: Procedimentos necessários na pipetagem associando granulometria/ profundidade/intervalos de tempo para cada tipo de sedimento que se almeja obter.

Diâmetro dos grãos		Pipetagem (cm)	Cronometria da Pipetagem p/ T(°C) a 28°C	Tipo
(Phi)	(mm)			
4	0,062	20	20s	Total
5	0,031	10	1m37s	Silte G.
6	0,0156	10	6m22s	Silte M.
7	0,0078	10	25m	Silte F.
8	0,0039	10	1h42m	Silte M. Fino
9	0,0020	5	3h14m	Arg G.
10	0,00098	7	18h50	Arg F

Fonte: Extraído e modificado da tabela de análise granulométrica utilizada no Laboratório de Oceanografia Geológica da UERJ.

#### 4.4 Difração de raios x

A difração de raios X representa uma das ferramentas centrais no decorrer do presente trabalho, consistindo em um método não destrutivo de caracterização e identificação de fases minerais ou da estrutura cristalina de substâncias inorgânicas artificiais (Carrol, 1970).

A difração de raios X é o resultado da ação do goniômetro de larga extensão que gera um pulso incidindo sobre a amostra seguida pelo seu registro em carta (Carrol, 1970). Este método é peculiarmente adequado para a determinação de amostras caracterizadas por uma elevada concentração de constituintes pelíticos em sua matriz. O trituração de finos é desejável anteriormente à análise de difração de raios X em todas as amostras, exceto em placas de rochas menos espessas de argilas.

O difratograma de raios X (DRX) da amostra, obtido pelo método do pó, foi coletado em um equipamento Bruker-AXS D5005 equipado com espelho de Goebel para feixe paralelo de raios X, nas seguintes condições de operação: radiação Co K $\alpha$  (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de 0,02° 2 $\theta$  por passo com tempo de contagem de 1,0 segundo por passo e coletados de 5 a 80° 2 $\theta$ . A interpretação qualitativa de espectro foi efetuada por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 1996) em software Bruker Diffrac<sup>Plus</sup>.

#### 4.5 Microscópio eletrônico de varredura

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) utiliza um feixe de elétrons concentrado de alta energia que examina sistematicamente uma determinada amostra e o resultado dessa interação produz uma ampla quantidade de sinais (Postek, *et al.* 1980). Esta importante ferramenta permite a visualização das características dos minerais de argila, principalmente por exibir o modelo geométrico pertencente a cada grupo, diferenciando-os.

Utilizou-se o microscópio eletrônico de varredura da Faculdade de Geologia da UERJ, permitindo que se visualizassem as interações entre elétrons de baixa energia incluindo elétrons secundários produzidos por uma coleção conveniente de sinais convertidos de sinal representado por um raio cátodo em uma tela de TV (Postek, *et al.* 1980). O processo de obtenção da imagem

de MEV ocorre, segundo Postek, *et al.* (*op. cit.*), quando elétrons são emitidos de uma superfície completamente à frente do suporte de amostras. O feixe de luz torna-se parcialmente obstruído pela amostra e a imagem desta superfície é alterada para uma coloração mais escura que a da superfície à frente do suporte, ou seja, a amostra é exibida.

A microscopia eletrônica de varredura foi utilizada para visualizar as formas, dimensões, texturas e, principalmente, as relações dos argilominerais com outras partículas de sedimentos. Para tanto, recorreu-se a metalização das amostras com 35 mA durante 4 minutos em exposição formando 0,2 Nn de Au (ouro) com o intuito de exibir a mineralogia dos argilominerais. As imagens foram obtidas através da microscopia eletrônica de varredura com o equipamento EVO MA10 (fabricante ZEISS).

Para auxiliar na identificação mineral, foram também obtidas análises químicas semiquantitativas em pontos selecionados em uma das amostras submetidas à análise de MEV, através de Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), acoplada ao MEV.

#### **4.6 Análise e processamento dos dados**

Os resultados obtidos estão apresentados sob a forma de tabelas, figuras e gráficos. Para a elaboração dos mesmos, foram utilizados os seguintes softwares: Excel, Coreldraw, Adobe Photoshop. O processamento desses resultados consistiu da integração dos dados de descrição faciológica *posteriori* ao processamento das amostras por separação granulométrica (para os sedimentos grossos); e para os sedimentos com granulometria mais fina, especificamente as argilas, procedeu-se às análises de difração de raios X, e microscopia eletrônica de varredura, capazes de expor os minerais de argila. A aplicação destas metodologias pode ser resumida no fluxograma (Figura 11).

## 5 CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA

O termo fácies é definido como o conjunto de rochas sedimentares que se caracteriza pela cor, granulação, estruturas internas, geometria deposicional, espessura, fósseis ou paleocorrentes.

A chave para a interpretação de fácies é a observação combinada das relações espaciais, características internas (litologia) e estruturas sedimentares, pois possuem a capacidade de elucidar aspectos genéticos através do estudo comparativo em outras unidades estratigráficas com características semelhantes, particularmente estudos de ambientes sedimentares modernos (Walker, 1992). Dessa forma, o reconhecimento de fácies em estudos de sedimentologia e estratigrafia, além de ressaltar a descrição de um pacote sedimentar, é um importante mecanismo de interpretação genética. Analisadas em conjunto, permitem a formação de uma sucessão de fácies. O exercício descritivo de uma associação de fácies torna viável a interpretação paleoambiental e o reconhecimento do mecanismo responsável pela sedimentação ocorrida em determinado momento do registro geológico.

A caracterização litológica implementada na presente pesquisa foi realizada com base na descrição sedimentológica em depósitos da Formação Macacu. Foram descritos perfis sedimentológicos e afloramentos nas localidades de Morada do Sol e Itambí (Tabela 4), identificando-se características como textura, estrutura, cor, fácies e em alguns casos, onde as estruturas existentes tornaram possível, a medição da direção de mergulho de paleocorrente.

Representadas por códigos, as letras minúsculas representam as estruturas, enquanto as maiúsculas indicam as litologias (Mial, 1977). Individualmente, cada fácies pode pertencer a conjuntos de associações de fácies diferentes, pois o processo responsável por sua gênese pode ocorrer em ambientes distintos.

Para situar a área de estudo no contexto das fácies e das amostras, foram selecionadas 7 localidades para uma descrição faciológica mais detalhada. Descrita a seguir, a localização das amostras do presente estudo está organizada na tabela 3 e na imagem da figura 12, configurando-se a identificação das fácies: *Asm, Aci, Acm, Lal, Lam, Aca*.

Tabela 3: Localidades estudadas com os respectivos pontos e amostras identificados

<b>Localidade</b>	<b>Ponto</b>	<b>Localização</b>	<b>Amostra e Fácies Correspondentes</b>
Itambí I	1	22°44'7.59"S 42°56'19.48"O	ITA 1 (A), (B) e (C). <i>Asm, Aci e Acm</i>
Cerâmica Vila Nova I	2	22°44'52.00"S 42°55'42.00"W	ITA 2 <i>Lal</i>
Cerâmica Vila Nova II	3	22°44'52.00"S 42°55'39.00"W	ITA 3 <i>Lam</i>
Morada do Sol I	4	22°43'52.00"S 42°54'6.00"W	ITA 4 <i>Lam</i>
Morada 2	5	22°43'47.90"S 42°54'9.83"W	ITA 5 <i>Aca</i>
Itambí II	6	22°44'7.47"S 42°56'18.50"W	ITA 6 <i>Aca</i>
Lagos	7	22°43'42.77"S 42°54'16.72"W	ITA7 (A) <i>Asm</i> ; (B) <i>Aca</i> ; (C) <i>Lam</i> (D) e (E) também constituída por <i>Lam</i> ;

Fonte: O autor, 2009.

Figura 12 - Localização dos perfis abordados nesta pesquisa



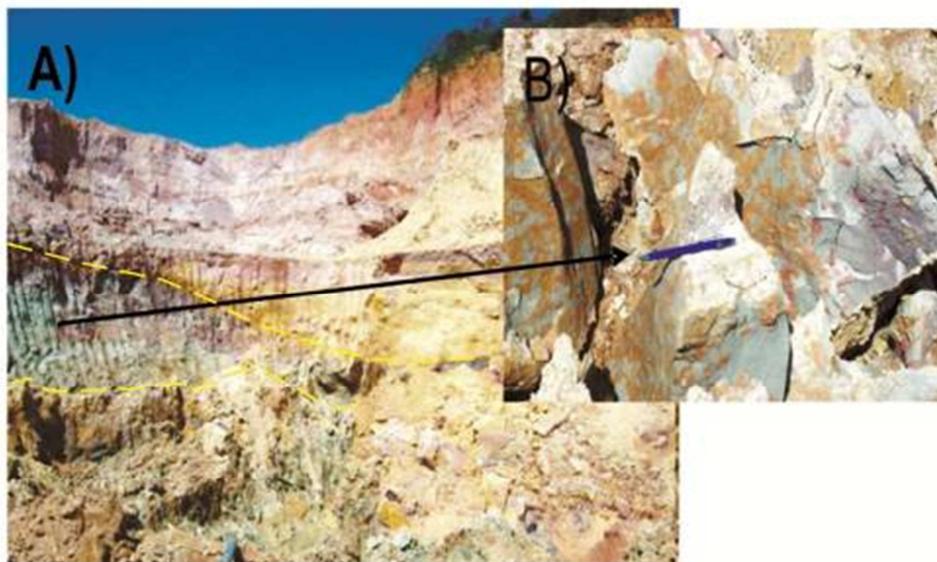
Nota: Localidades: ITA 1 (A, B e C) Itambí área relativamente próxima a entrada da cerâmica Tijolar; ITA 2: Área de extração de argila da Cerâmica Vila Nova; ITA 4: Bairro Morada do Sol I; ITA 5: Morada do Sol II; ITA 6: Itambí II; e ITA 7: Lagos em Morada do Sol em terrenos de S/A Come Salles.  
 Fonte: O autor, 2010.

### 5.1 Lamito Arenoso Laminado (*Lal*) e Lamito arenoso Maciço (*Lam*)

Esta fácies é constituída por Lamito Arenoso Laminado e Lamito Arenoso Maciço. A espessura métrica observada nessa fácies destaca uma litologia caracterizada por depósitos de aspecto areno-argiloso a silto-argiloso. A geometria tabular constitui característica recorrente tanto nos depósitos laminados de *Lal* como na fácies de lamitos maciços sublinhados por uma significativa concentração de constituintes arenosos encontrados na fácies *Lam*.

A área aflorante da fácies *Lal* estende-se por pouco mais de 1 km<sup>2</sup> a uma distância de aproximadamente 2,5 km a NE da Rodovia Rio-Teresópolis. Para o afloramento da fácies *Lal* foram identificados morrotes com aproximadamente 20 metros de altura suportando uma sucessão de estratos de coloração cinza escuro a esverdeada (de provável composição montmorillonítica). Tons amarelados e avermelhados, indicativos de oxidação pós-deposicional, são também observados. Neste ponto é intensa a retirada de argila para o suprimento da cerâmica Vila Nova. (Figuras 13 A e B).

Figura 13: Afloramento onde foi coletada a fácies *Lal* (ponto ITA 2)



Nota: A) Sucessão de estratos de lamito. B) Identificação de matriz silto-argilosa esverdeada.  
Fonte: O autor, 2010.

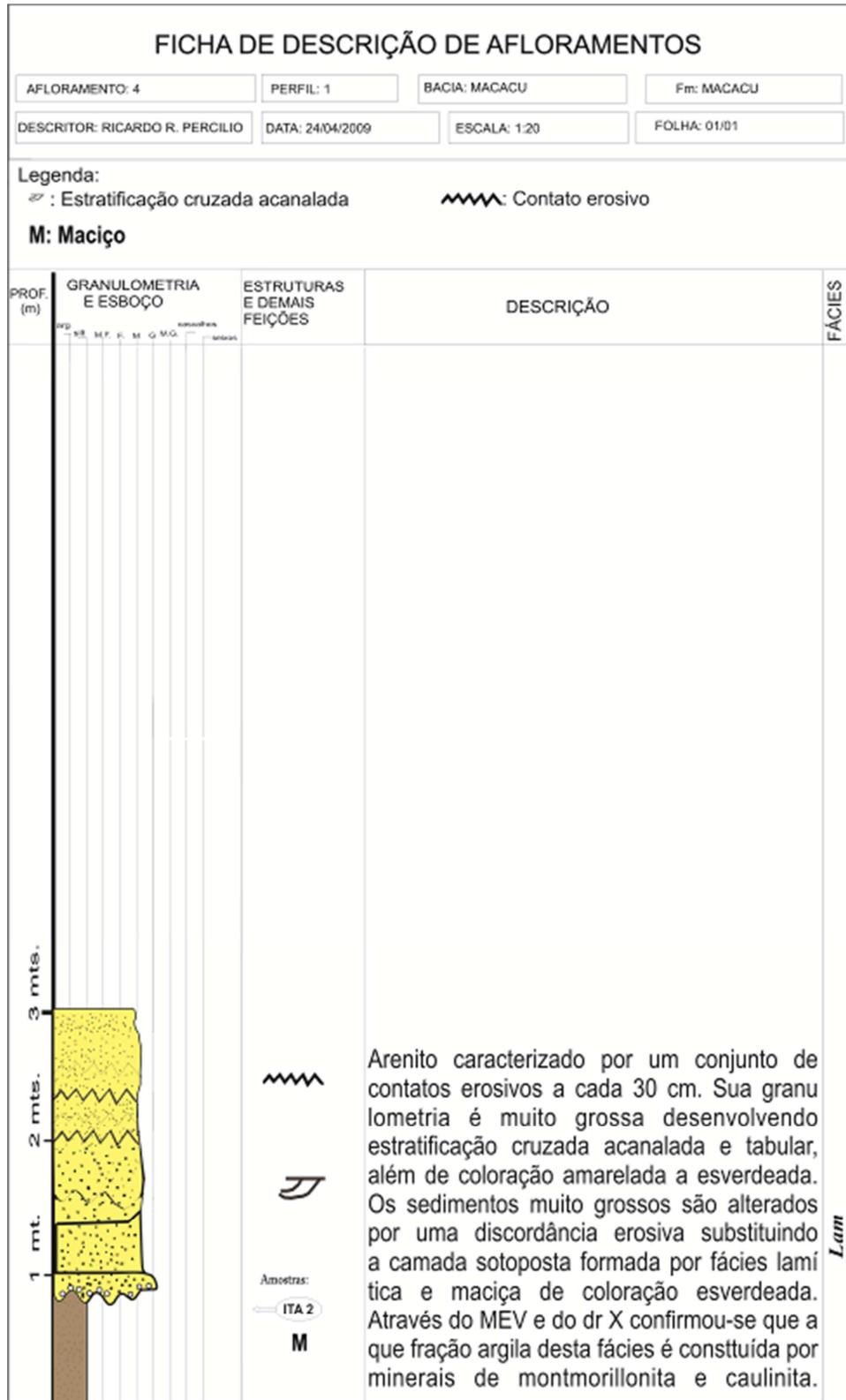
Outro exemplo de depósito lamítico é a fácies Lamito Arenoso Maçoso (*Lam*). Identificado em área de extração de argilominerais recentemente iniciada pela cerâmica Vila Nova, estes depósitos afloram a uma altitude superior a 10 metros acima do nível do mar.

A base da seção aflorante apresenta estratos de lamito, coloração vermelho-arroxeadada, com manchas esverdeadas. Este intervalo apresenta espessura de cerca de 1m nesta localidade. Sobrepondo-se a este intervalo, observa-se, em contato brusco-erosivo, uma sucessão de cerca de 2 m de espessura composta por estratos de porte médio (30 a 50 cm), de coloração amarelo-avermelhado, com matriz sílto-argilosa, e estratificação cruzada tabular acanalada. A base dos estratos é, em geral, erosiva. Intraclastos argilosos concentram-se frequentemente na base dos estratos (Figuras 14 e 15).

Figura 14 - Fotografia dos sedimentos referentes à fácies *Lam* - Itambí (Cerâmica Vila Nova).



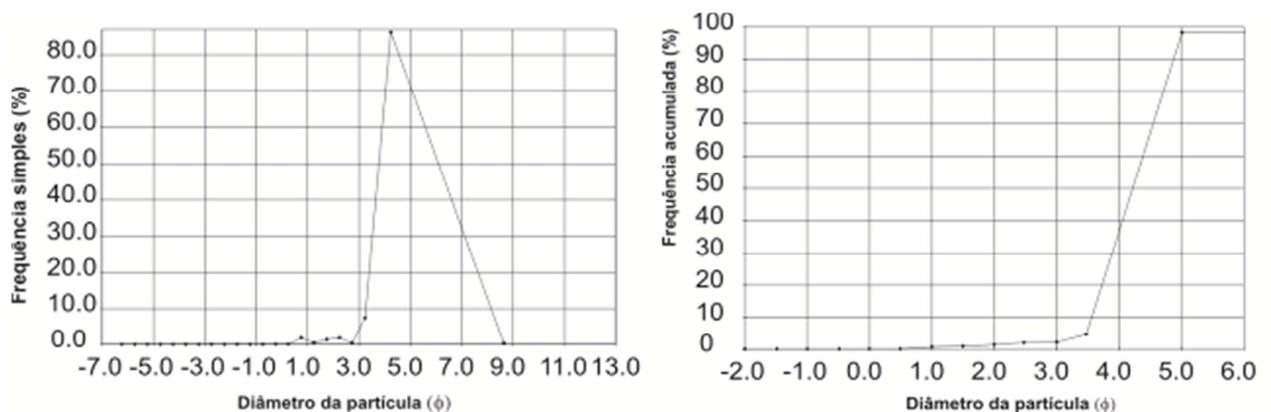
Fonte: O autor, 2009.

Figura 15 - Perfil sedimentológico 1. Área de coleta da fácies *Lam*.

Fonte: o autor, 2009.

Mineralogicamente observa-se, na fração arenosa da fácies Lam, o predomínio de grãos de quartzo e presença subordinada de grãos de feldspato, estes em geral alterados. Dessa forma, a presença de minerais instáveis aponta para o caráter composicionalmente submaturo dos depósitos dessa fácies. Em geral, esses depósitos são unimodais e lamo-arenosos (Figuras 16).

Figura 16 - Distribuição relativa em phi da fácies Lam em Morada do Sol II, Itambí, RJ



Nota; B) Distribuição acumulada em phi da amostra ITA 1(b), Itambí, RJ.  
Fonte: O autor, 2009.

De igual modo, fácies lamíticas também foram encontradas em Morada do Sol I (amostra ITA 4). O afloramento relativo a esta fácies abrange uma área com aproximadamente 2,5 km<sup>2</sup> constituindo uma área de cava de argila ainda em intensa atividade.

Na parte inferior do afloramento dessa localidade observa-se um pacote pelítico (lamito arenoso), com cerca de 2 m de espessura, maciço, de coloração esbranquiçada, provavelmente caulínico, e, manchas avermelhadas por oxidação. Este pacote é truncado erosivamente por um conjunto de estratos com cerca de 3 m de espessura de arenito de granulometria média a grossa, vermelho-arroxeadado, apresentando estratificações cruzadas tabular e acanalada.

A observação de estruturas verticais concentradas no topo do pacote lamítico e situadas abaixo de estratos arenosos (Figura 17) sugere forte semelhança com marcas de raízes. Estruturas de raízes abaixo do canal assemelham-se a substrato de *hardground*. Sendo assim, a identificação destas possíveis marcas de raízes funciona como importante evento marcador de descontinuidade entre o pacote arenoso superior e lamítico inferior, indicando certa parada deposicional para o desenvolvimento de organismos colonizadores. Provavelmente, áreas de extravasamento

extracanal, relacionados a processos de *overbank*, favoreceram a ocupação destes domínios durante períodos de grandes cheias.

Figura 17 - Afloramento caracterizado pela presença de Lamito Arenoso Maciço, em Morada do Sol, Itaboraí, RJ



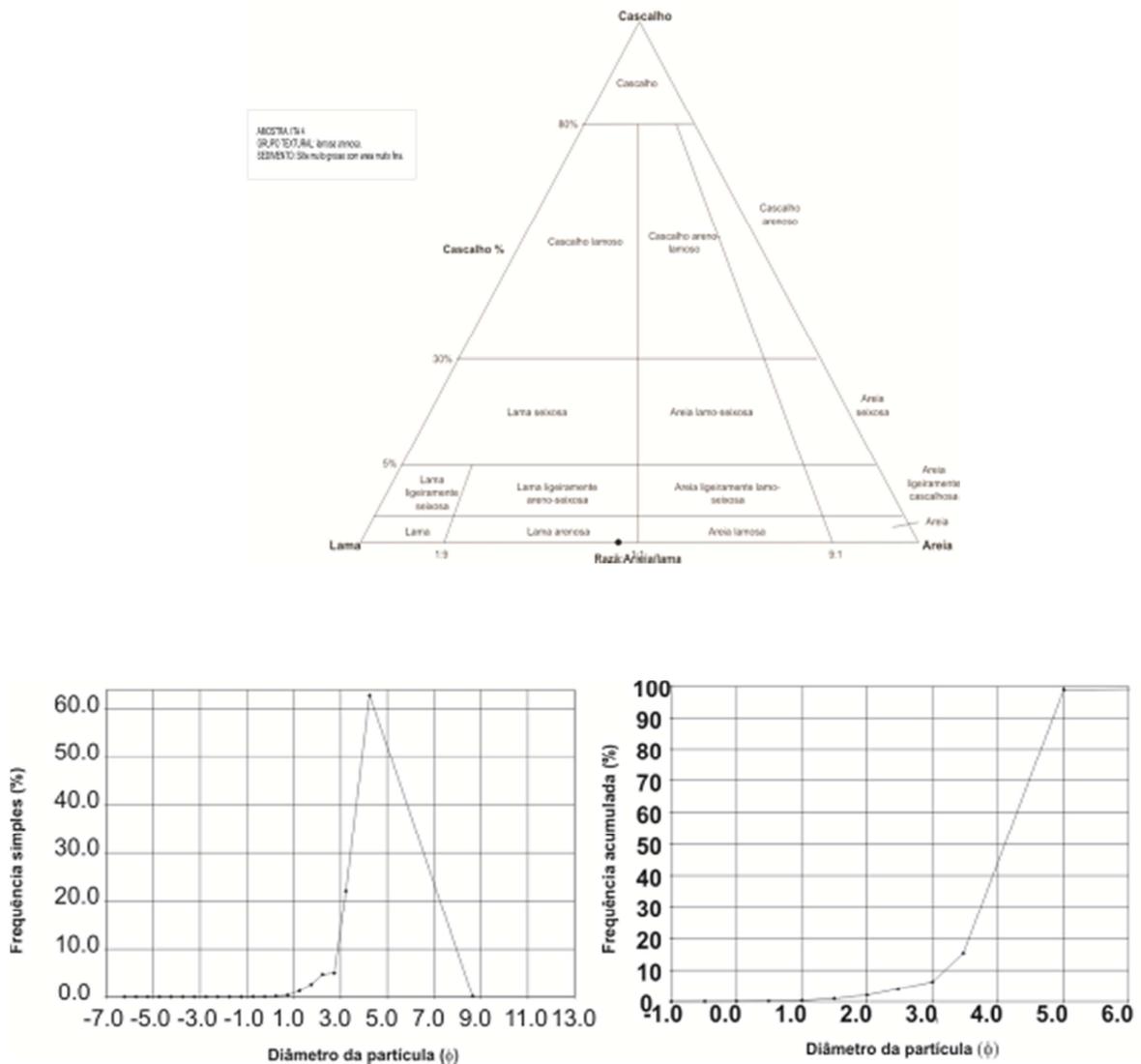
Nota: Na parte superior: Conjunto de estratos, com espessura mínima de 3 m, de arenito de granulometria média a grossa, vermelho- arroxeadado. Próximo ao topo da camada lamítica, merece destaque a presença de estruturas verticais semelhantes a marca de raízes.

Na base desses estratos arenosos é frequente a presença de intraclastos argilosos. Este conjunto superior de estratos arenosos apresenta uma tendência de diminuição granulométrica para o topo do intervalo arroxeadado, truncando erosivamente este pacote de lamito arenoso maciço, de coloração esbranquiçada e avermelhada por oxidação (Figura 18).



Na fácies lamítica, o predomínio de sedimentos finos (aproximadamente 60 %) do total da amostra pode ser reforçado pela mediana próxima a 4,1phi, compatível com o predomínio de silte muito grosso (64,3 %), seguido secundariamente por areia muito fina (37,6 %) e areia fina (4,3 %), o que permite classificar e confirmar esta amostra como lamo-arenosa (Figuras 19).

Figura 19 - Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho da amostra referente à *Lam*, amostra ITA 4, Morada do Sol, RJ.



Nota: Gráfico de distribuição da frequência simples (phi x % simples) Fácies *Lam*, Morada do Sol, RJ; B) Gráfico de distribuição da frequência acumulada (phi x % acumulada) da amostra da Fácies *Lam*, Morada do Sol, RJ.

## **Interpretação**

Os dados granulométricos de *Lam* caracterizam esta fácies como um depósito moderadamente bem selecionado e unimodal. A assimetria negativa predominante em sedimentos menores que 0,062 mm aliada a coloração avermelhada decorrente de deposição secundária bem como a influência de agentes oxidantes, permitem inferir na classificação destes depósitos como sub-maturos a maturos. Além disso, a mineralogia localmente aponta para um predomínio dos minerais de quartzo em sua fração areia, reforçando a tese de que estes sedimentos sofreram processos deposicionais relacionados a fluxo de lama e de detritos de alta viscosidade, expressos pela elevada concentração de pelitos no conjunto desta fácies.

A interpretação dos processos deposicionais atuantes na fácies *Lam* pode evidenciar sucessivas flutuações de descarga que ocorrem frequentemente nas partes distal e média de um sistema de leque aluvial ou mesmo associar-se a fases de inundações episódicas em sistema fluvial canalizado (Nichols & Fisher 2006). Neste sentido, a maior parte desses lamitos pode ter se depositado fora da suspensão durante o predomínio dos eventos de inundação do canal.

### **5.2 Fácies Arenito Cruzado Acanalado - *Aca***

A fácies arenito cruzado acanalado possui na maioria dos afloramentos pesquisados granulação média a grossa, com mineral majoritariamente quartzosa e feldspática, e constituintes micáceos presentes em menores proporções. A geometria lenticular apresentada por esta fácies possui extensão lateral bastante variável. A espessura nestes pacotes varia desde métrica a pouco mais de 3 metros em alguns pontos (Figuras 20 e 21).

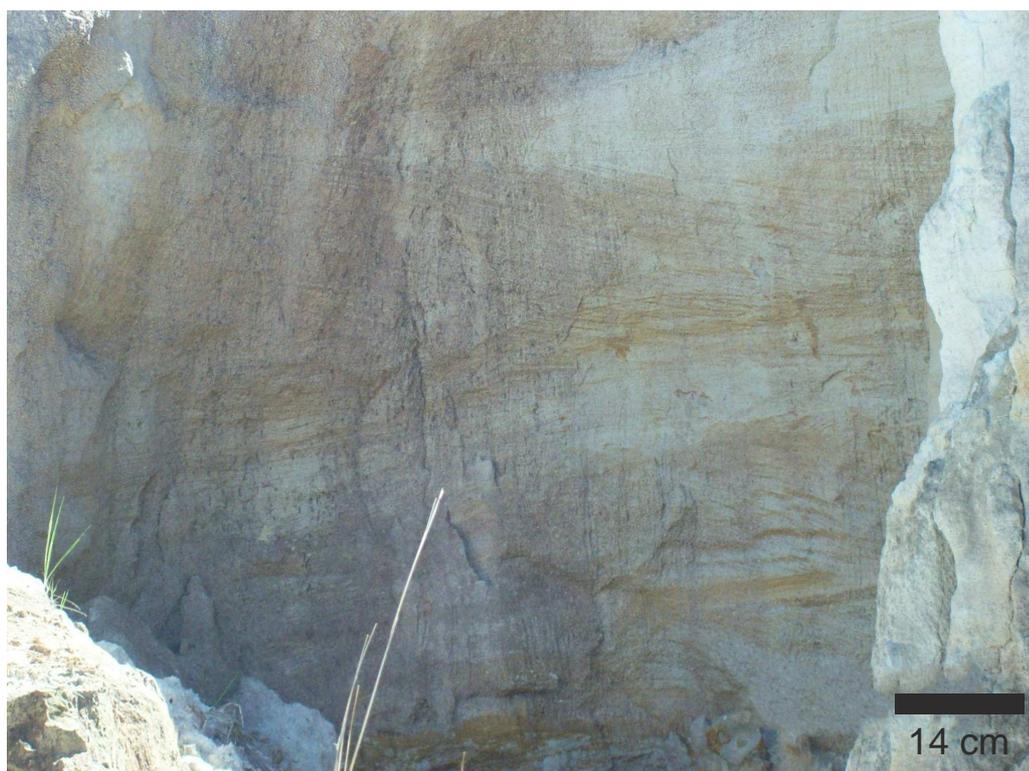
Localizado no ponto ITA 6 o perfil descrito (Figura 20) apresenta arenito médio com granodecrescência ascendente para o topo, estratificação acanalada de pequeno porte. Próximo ao topo ocorre arenito grosso a muito grosso, conglomerático, com estratificação acanalada de pequeno porte (15 cm).

Estratos granodescrescentes, em geral iniciados na base por nível conglomerático, são sucedidos por níveis areníticos de granulometria grossa a muito grossa encerrada, em geral, por níveis de arenito médio. Presença de estratificação cruzada acanalada de médio porte.



Esta fácies apresenta estratos de arenito médio com estratificação cruzada acanalada de coloração amarelada, intercalados com arenito grosso e estratificação de pequeno porte. Estratos de arenito de granulometria média a fina com estratificação cruzada acanalada típica a multi-acanalada ocorrem ascendentemente no perfil.

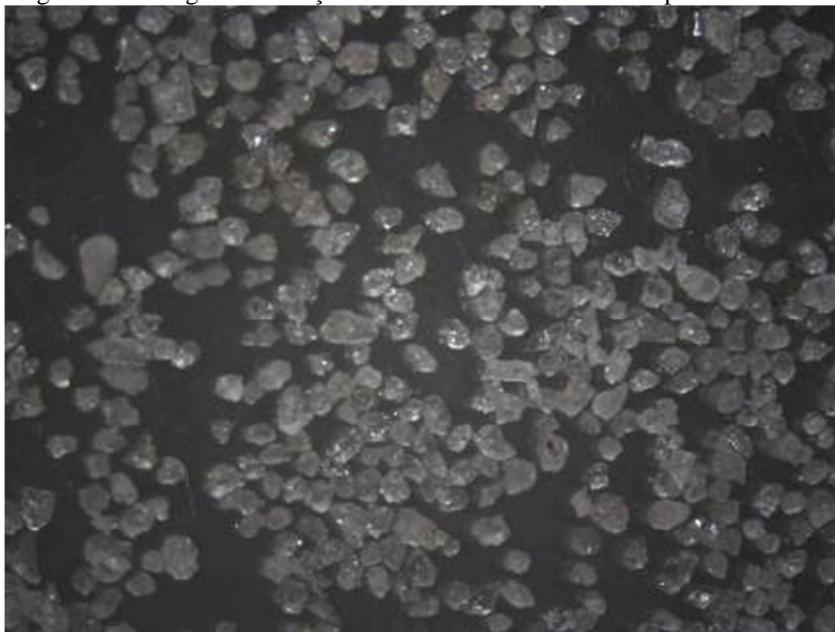
Figura 21 - Aspectos característicos de estratos da fácies *Aca* no ponto ITA-6.



Nota: Notável exibição de estratificação cruzada acanalada.  
Fonte: O autor, 2010.

Associada a depósitos sub-maturos, devido à presença restrita de feldspato e mica, morfologia de grãos de quartzo sub-arredondados bastante intemperizados, esta fácies apresentou ainda significativa concentração de componentes silto-argilosos e conglomerados de quartzo (Figura 22).

Figura 22 - Fotografia da fração areia média da fácies *Aca*. Lupa binocular.



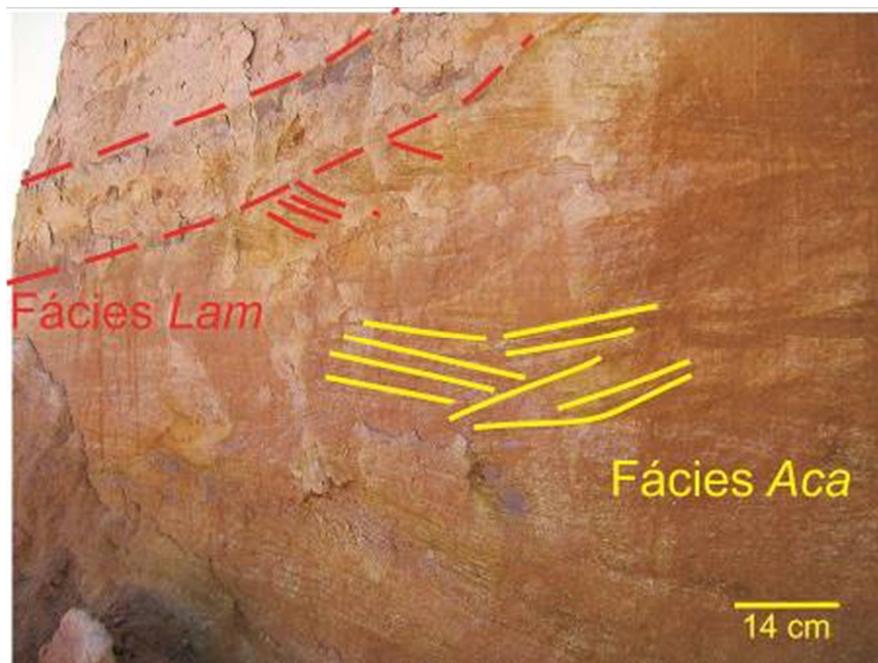
Nota: Destaca-se o caráter subangular das partículas quartzosas.

Para a fácies de arenito cruzado acanalado encontrado no afloramento de ITA 7, identificou-se a exposição relativamente espessa de estratos que permitiram o empilhamento vertical de cerca de 22 m de seção sedimentar, representada no perfil sedimentológico da Figura 23.



Este afloramento (ITA-7) consiste de arenito grosso, com grânulos, mosqueado e estratificação cruzada acanalada de pequeno porte. Internamente, o estrato exibe bolas de argila com até 6 cm de diâmetro (intraclastos) que, em geral, tornam-se mais frequentes em direção ao topo, conferindo um padrão de gradação inversa (*coarsening-up*) a esses estratos (Figura 24). Medidas de orientação dos planos de acamamento cruzado indicam direções de paleocorrente variando de 50° a 140°.

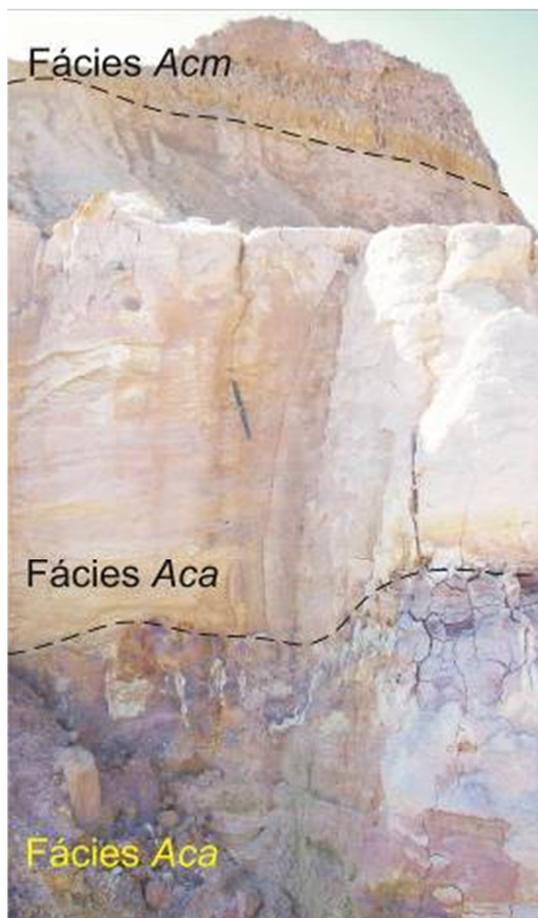
Figura 24: Arenito grosso, granuloso, com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte, destacando esferas de argila envoltas em arenito.



Nota: Ponto ITA 7.

Esta fácies é encontrada em diversos níveis do perfil correspondente a ITA 7 (Figura 5.12) constituindo arenito de granulação média a grossa, em geral conglomerático na base, com grânulos e seixos de quartzo, além de feldspatos, sobrepondo-se a arenito fino com argilas laminadas. Os estratos dessa fácies em geral são mal selecionados. As estruturas dessa fácies são as estratificações cruzadas acanaladas, por vezes multi-acanaladas. Exibe assimetria negativa e baixa diversidade granulométrica. A espessura máxima da fácies *Aca* nestes estratos alcança aproximadamente 1,5 m. Ocorre com maior frequência no intervalo entre 4 e 8 metros do perfil no afloramento de ITA 7 (Figura 25).

Figura 25 - Em detalhe, fácies *Aca*. No topo, corpo canalizado da fácies *Aca*. Ponto ITA 7.

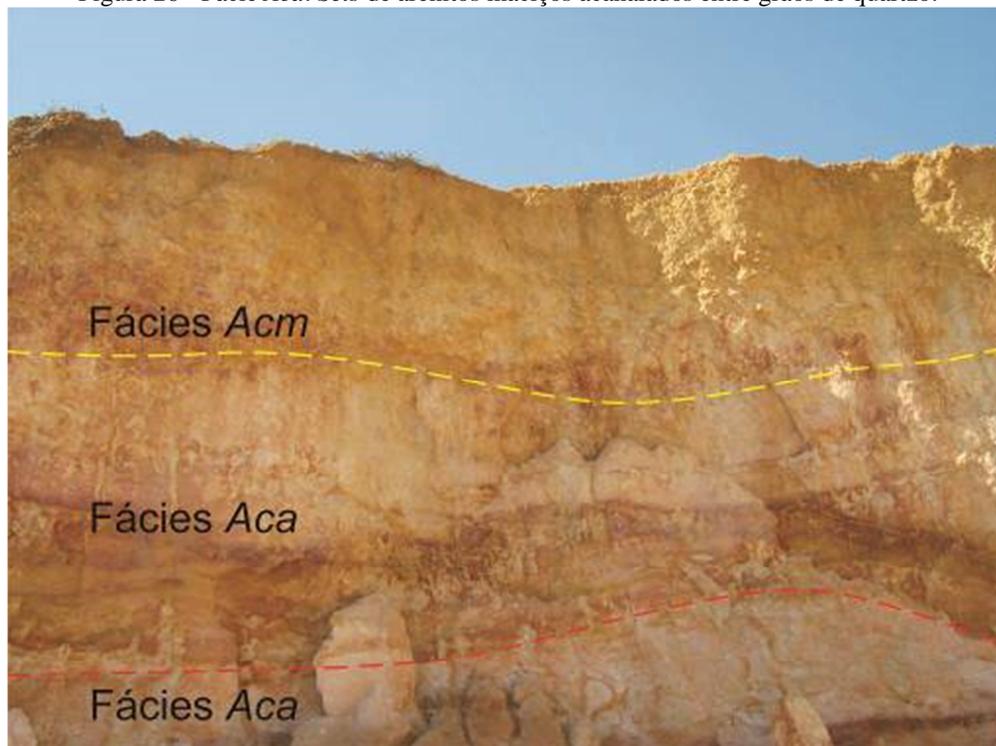


Para o topo do afloramento ITA 7 a fácies *Aca* caracteriza-se por granocrescência ascendente, aumentando proporcionalmente a quantidade de constituintes de granulação grossa a muito grossa intercalados a corpos conglomeráticos. Apresenta em geral estratificação cruzada acanalada incipiente e clastos micáceos dispostos de maneira dispersa. Com até 1 m de espessura, os estratos desta fácies são substituídos ascendente por estratos de geometria tabular da fácies *Lam*.

Os estratos desta fácies são marcados pela intercalação de arenito grosso a muito grosso e paraconglomerados (diamictito). Os arenitos desta fácies apresentam granulometria grossa a muito grossa com mal selecionamento de sedimentos arenosos angulares a sub-angulares com

estrutura cruzada acanalada incipiente. A fração argilosa é reconhecidamente significativa nestes estratos ocupando a matriz (Figura 26).

Figura 26 - Fácies *Aca*. Sets de arenitos maciços acanalados entre grãos de quartzo.



Os diamictitos intercalados nesta fácies apresentam maior diversidade granulométrica. Além disso, são também observados níveis conglomeráticos, em média a cada 50 cm, desenvolvidos como leitos de canal, e caracterizados pela submaturidade dos constituintes minerais. Em geral, os estratos desta fácies agrupam-se verticalmente em ciclos granodecrescentes para o topo.

Em alguns pontos (como por exemplo, no ponto ITA 5 – Morada do Sol II), observa-se uma contradição entre a classificação litológica em campo e em laboratório. Em campo, os depósitos aflorantes nesse ponto, são classificados texturalmente como arenitos argilosos, portadores de estratificações cruzadas acanaladas e tabulares (Figura 27).

Figura 27 - Na porção intermediária da exposição, são observados estratos da Fácies *Aca*.

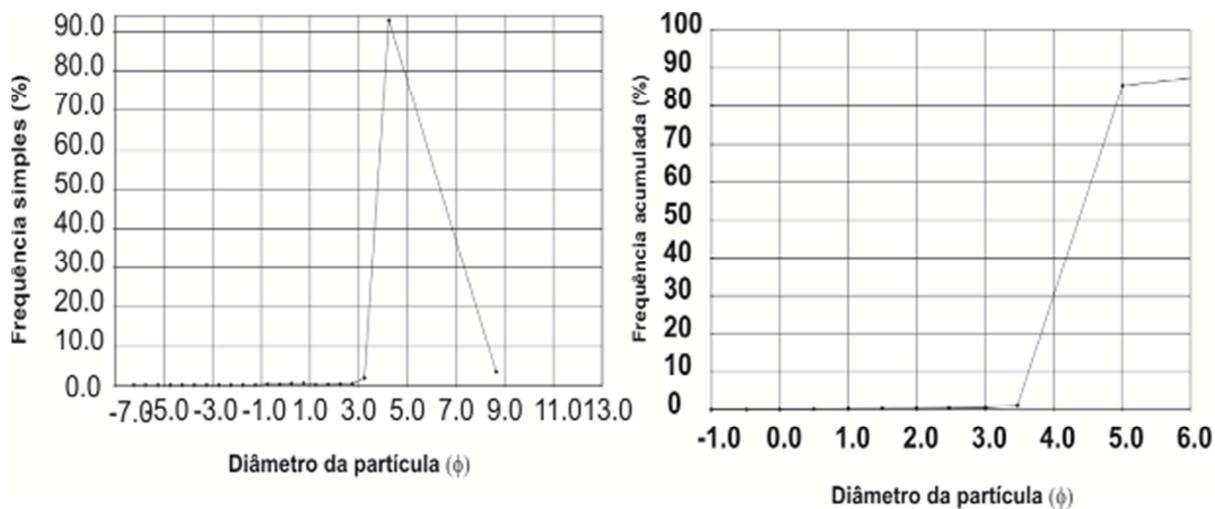


Nota: Esses estratos intercalam-se a corpos de sedimentos areno-argilosos com estratificação cruzada acanalada.

Entretanto, a partir da análise granulométrica em laboratório, constatou-se o predomínio dos finos em relação à classe areia (lamo-arenoso; Figura 28). Optou-se por adotar a determinação de campo. Provavelmente, durante o processo de separação granulométrica em laboratório, tanto no processo de peneiramento quanto no de lavagem da amostra, ocorreu fragmentação de partículas de feldspato, que passaram a constituir a fração de finos. Além disso, outro questionamento que pode ser levantado diz respeito à possibilidade de que parte da fração argilosa presente nesses arenitos tenha origem diagenética (diagênese precoce). Para discussão mais detalhada com relação a este aspecto, remete-se a figura 15.

Assim, nesta localidade, os estratos da fácies *Aca* são caracterizados pela presença de sedimentos areno-siltosos com espessura superior a 2 metros. Disposta em geometria lenticular esta fácies acompanha afinamento granulométrico em direção ao topo do afloramento.

Figura 28 - A) Distribuição relativa em phi da fácies *Aca* (ponto de ITA 5), Itambí, RJ; B) Distribuição acumulada em phi de *Aca*, Itambí, RJ.

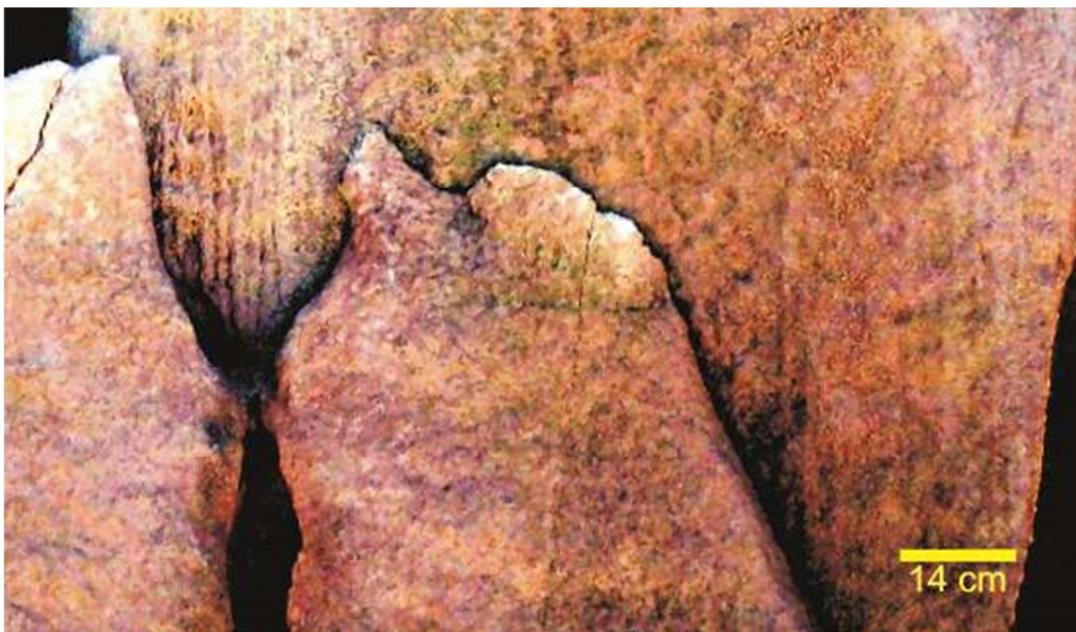


Localmente no ponto em Morada do Sol II, este arenito com geometria lenticular apresenta dois estratos de porte médio com granulometria fina/muito fina e maciça. Sobrepondo estes corpos, identifica-se contato erosivo, observando-se uma sucessão de estratos de composição arenosa mediana a grossa, notadamente silto-argilosa, substituída, entretanto por constituintes psamíticos na base, portadores de estratificação cruzada acanalada e menos freqüentemente, tabular (Figura 29).



Esses estratos da fácies *Aca* apresentam, em geral, afinamento granulométrico para o topo em escala decimétrica, e compõem, em escala métrica, ciclos igualmente granodecrescentes ascendentes. Em direção ao topo do afloramento são observados corpos lenticulares de arenito médio/fino, com matriz silto-argilosa, de coloração esbranquiçada (caulínico), detentores de estratificação cruzada acanalada e, subordinadamente, tabular (Figuras 30).

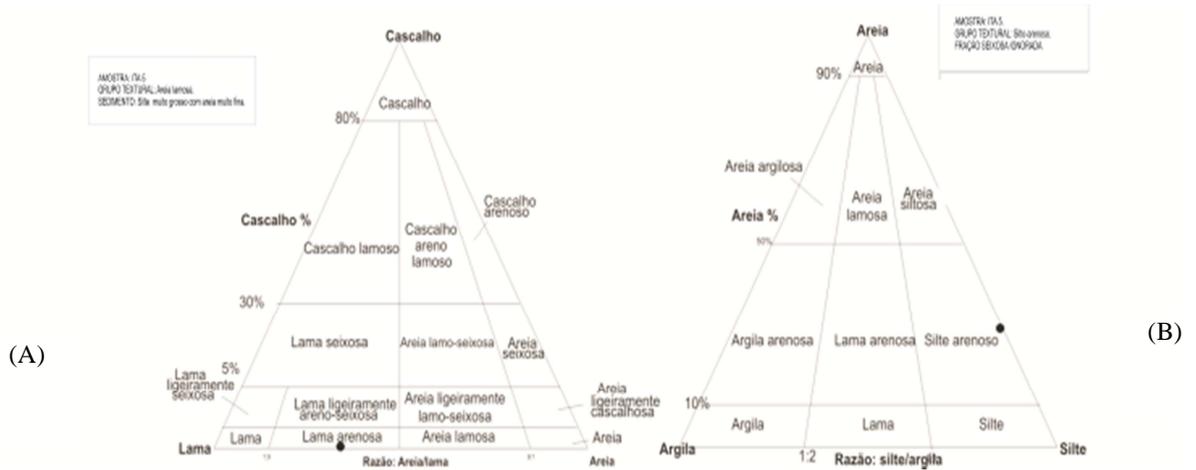
Figura 30 - Área aflorante de *Aca*. Fácies com granulação fina a muito fina



Fonte: O autor, 2010.

A distribuição granulométrica da fácies *Aca* em ITA 5 indica a ocorrência de areia muito fina, pobremente selecionada. Os percentuais de areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina, além de silte grosso, aponta para um caráter unimodal predominante (Figura 31).

Figura 31 - A) Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho de *Aca* na amostra ITA 5, B) Diagrama da Figura



Nota: Diagrama de distribuição granulométrica das frações silte/argila/areia de *Aca* (Morada do Sol II).

### Interpretação

No contexto faciológico analisado, os *cosets* de arenitos de geometria lenticular portadores de estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, em geral, são interpretados na literatura dentro de contexto deposicional caracterizado pela migração de barras transversais de cristas retas (os estratos portadores de estratificação cruzada tabular – dunas 2-D) ou sinuosas (os estratos portadores de estratificação cruzada acanalada – dunas 3-D), sob ação de fluxo trativo unidirecional, em condições de regime inferior.

No entanto, a migração dessas dunas, no contexto faciológico aqui descrito, além de ser atribuída a processos trativos, pode também ser indicativa da atuação de processos de fluxos gravitacionais de sedimentos heterogêneos com fluido de alta densidade e caráter episódico, implicando assim na intercalação de momentos de maior e menor carreamento de material no sistema. Tais processos podem, assim, ocorrer tanto em contexto fluvial entrelaçado como em contexto de leque aluvial mediano.

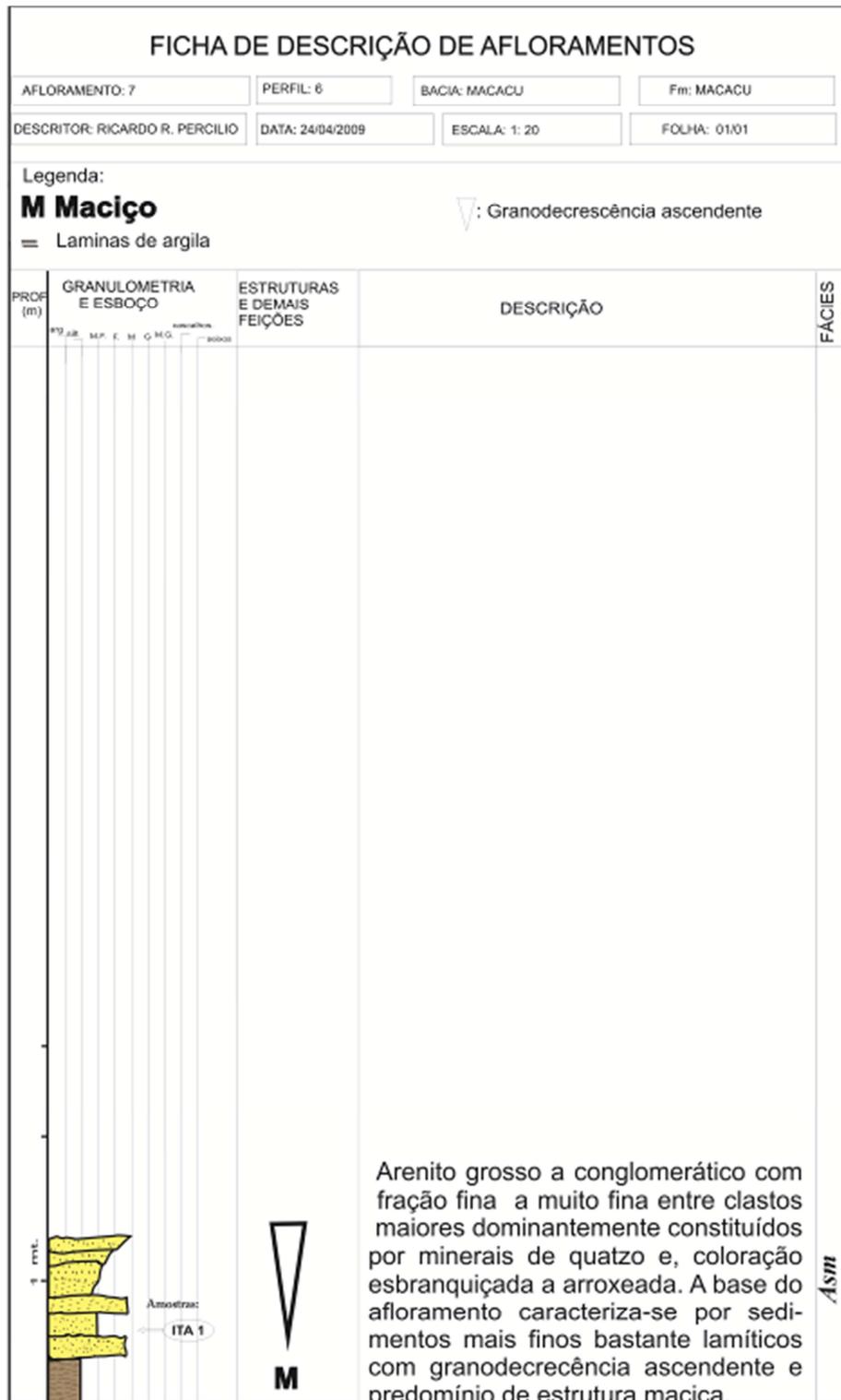
### 5.3 Fácies Arenito Seixoso Maciço - *Asm*

A fácies Arenito Seixoso Maciço apresenta estrato de porte médio com aproximadamente 2 metros de espessura comportando areia média a fina e subordinadamente areia grossa. A geometria lenticular observada nesta fácies é descontínua ao longo do perfil apresenta acamamento maciço evidenciando uma litologia constituída por sedimentos finos entre clastos maiores. Esta fácies compreende corpos de arenito seixoso de matriz silto-argilosa, de coloração vermelho-arroxeadada por oxidação e é estruturalmente diferenciada da fácies *Aca* encontrada no afloramento do ponto ITA 6 (distante 5 metros) devido a ausência de estruturas cruzadas acanaladas e por possuir maior concentração de sedimentos pelíticos entre seus constituintes (Figura 32 e 33). O afloramento que corresponde à fácies *Asm* abrange aproximadamente 1,5 km<sup>2</sup> está rodeado por um conjunto de áreas abandonadas pela extração de argilominerais. Localiza-se a cerca de 1,6 km da rodovia BR-493, no trecho entre Manilha e Magé. Localmente, são identificados morrotes de no máximo 10 metros de altura onde ocorrem ravinamentos ocasionados por cortes na borda destes morrotes constituindo a área de coleta da amostra ITA 1(a), ITA 1(b) e ITA 1(c) respectivamente correspondentes as fácies *Asm*, *Aci* e *Cm*.

Figura 32 - Afloramento da Fácies *Asm* (ITA 1 a), exibindo granulação mais fina na base – nível arroxeadado na base.



Figura 33 - Perfil sedimentológico 6, correspondendo à fácies *Asm*.



Nota: Área de coleta da amostra ITA 1(a).

Na base do afloramento predominam corpos de lamito arroxeadado maciço e, verticalmente, observa-se um padrão de empilhamento granulométrico granocrescente ascendente (*coarsening-upward*), caracterizado pelo aumento da dimensão dos grãos em direção ao topo e pela frequência de corpos de arenito grosso (Figura 34).

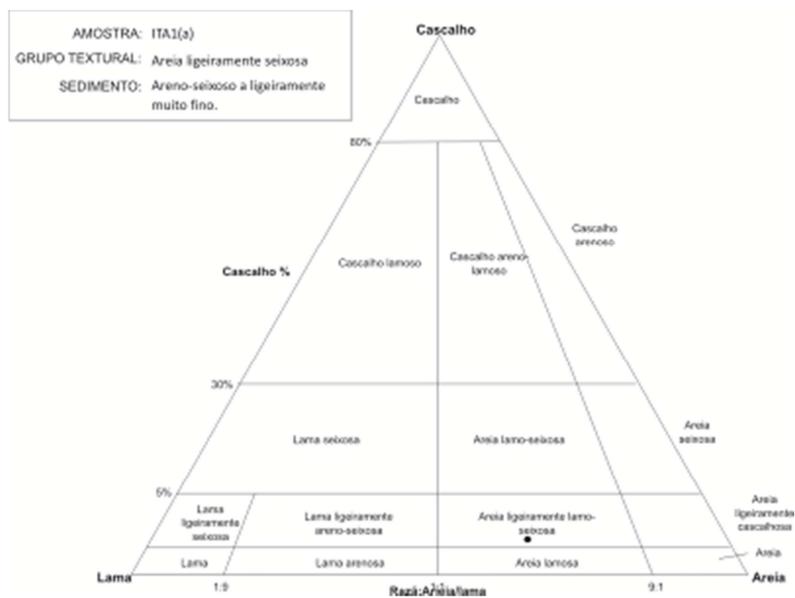
Figura 34 - Afloramento da fácies *Asm* (ITA 1 a). Arenito médio a grosso argiloso-arroxeadado com grãos de quartzo e feldspato aparentemente maciço.



A litologia da fácies *Asm* constitui arenito médio a grosso, com matriz constituída por argila arroxeadada, friável e de aspecto maciço. A média da amostra ITA 1(a) é representada por areia fina e sua correlação com os valores da mediana indica assimetria negativa e, conseqüentemente, uma elevada concentração de grãos finos.

Sob o ponto de vista granulométrico, a fácies *Asm* apresentou predomínio de fração arenosa no arcabouço. Apesar de exibir uma elevada concentração de sedimentos pelíticos (31,28), a fácies *Asm* também é constituída por cascalho muito fino (1,2 %), areia média (12,8), areia fina (5,2), areia muito fina (17,9) e, principalmente, 40 % de areia grossa/muito grossa do total dos sedimentos analisados (Figuras 35).

Figura 35 - Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho da amostra da fácies *Asm*, Itambé, RJ.



A fácies *Asm* também foi identificada no ponto ITA 7. Neste ponto, *Asm* apresentou areia com seixos e caráter maciço, constituindo camada tabular, lateralmente extensa (Figura 36). A granulometria nesta amostra apontou para a forte ocorrência de areia grossa a cascalhosa (Anexo 2).

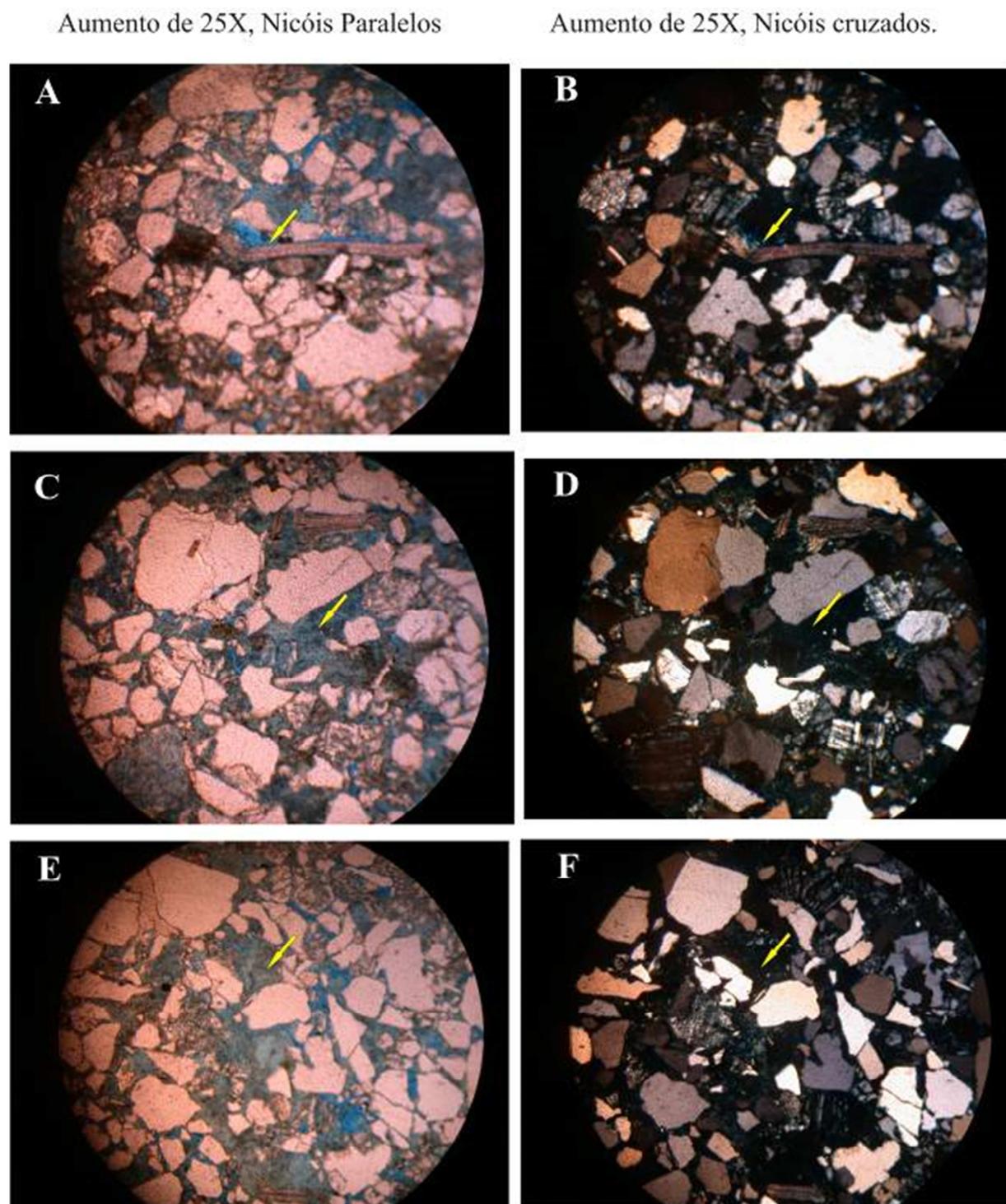
Figura 36 - Fácies *Asm* composta por grânulos esbranquiçados a alaranjados ITA 7 (Lagos).



Em uma das amostras dessa fácies foi obtida uma lâmina delgada para análise petrográfica. Na preparação da lâmina, foi realizada a impregnação com o corante Azul de Ceres com o objetivo de destacar o espaço poroso. As duas lâminas obtidas nessa fácies foram analisadas tanto em microscópio ótico (modelo LEICA DMLP), quanto em microscópio eletrônico de varredura (MEV, modelo Zeiss EVO). As Figuras 37 e 38 ilustram, respectivamente, imagens obtidas em microscópio ótico e microscópio eletrônico na Amostra ITA 1 (A). Na Figura 37 observa-se a presença freqüente de poros alargados gerados provavelmente por dissolução de K-Feldspato (porosidade secundária). Nos poros gerados pela dissolução de K-Feldspato, é freqüente a presença de caulinita preenchendo-os parcial ou totalmente. Na figura 38 observa-se uma imagem em MEV a baixo vácuo com detector elétron espalhado. Com essa técnica consegue-se uma melhor identificação dos K Feldspatos (KFld), em relação à microscopia ótica convencional. Os cristais de Quartzo (Qtz) apresentam-se frescos, enquanto que os K Feldspatos apresentam uma caulinitização em geral acentuada. Em alguns casos, observa-se a completa substituição do K Feldspato por caulinita (Cau), a qual aparece, em algumas situações, preenchendo poros alargados (dissolução de K Feldspato). Nota-se também que o teor original de K Feldspato, conforme sugerido pela imagem aparenta ter sido equivalente ao de quartzo (40-50%). Sendo assim, o arenito pode ser classificado composicionalmente como arcósio, segundo classificação de Folk (1974). Em microscópio ótico, o teor original de feldspato tende a ser sensivelmente subestimado, uma vez que tende a ser mascarado ou pela porosidade secundária, preenchida ou não por caulinita.

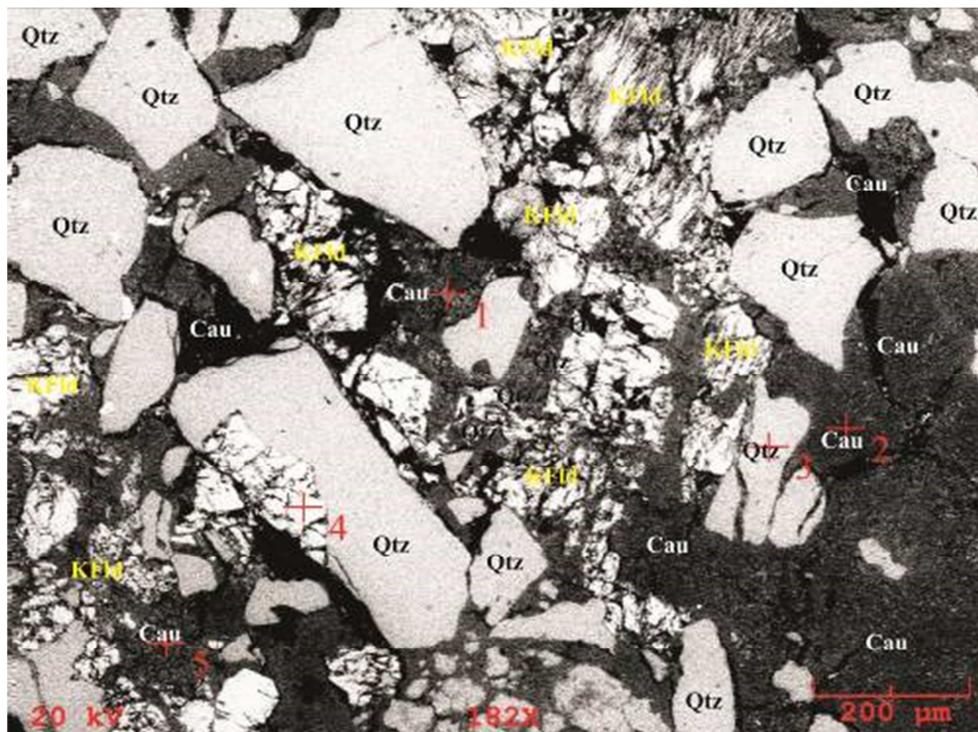
Para auxiliar na identificação mineral, foram também obtidas análises químicas semiquantitativas em pontos selecionados da imagem da Figura 38 (pontos 1 a 5 na imagem), através de Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), acoplada ao MEV. Os resultados das análises nos pontos 1 a 5 dessa imagem são apresentados na Figura 39. Nessa figura observa-se que as identificações minerais previamente realizadas no MEV foram corroboradas pelas análises químicas do EDS.

Figura 37 – Fotomicrografias em microscópio óptico, amostra ITA 1(A)



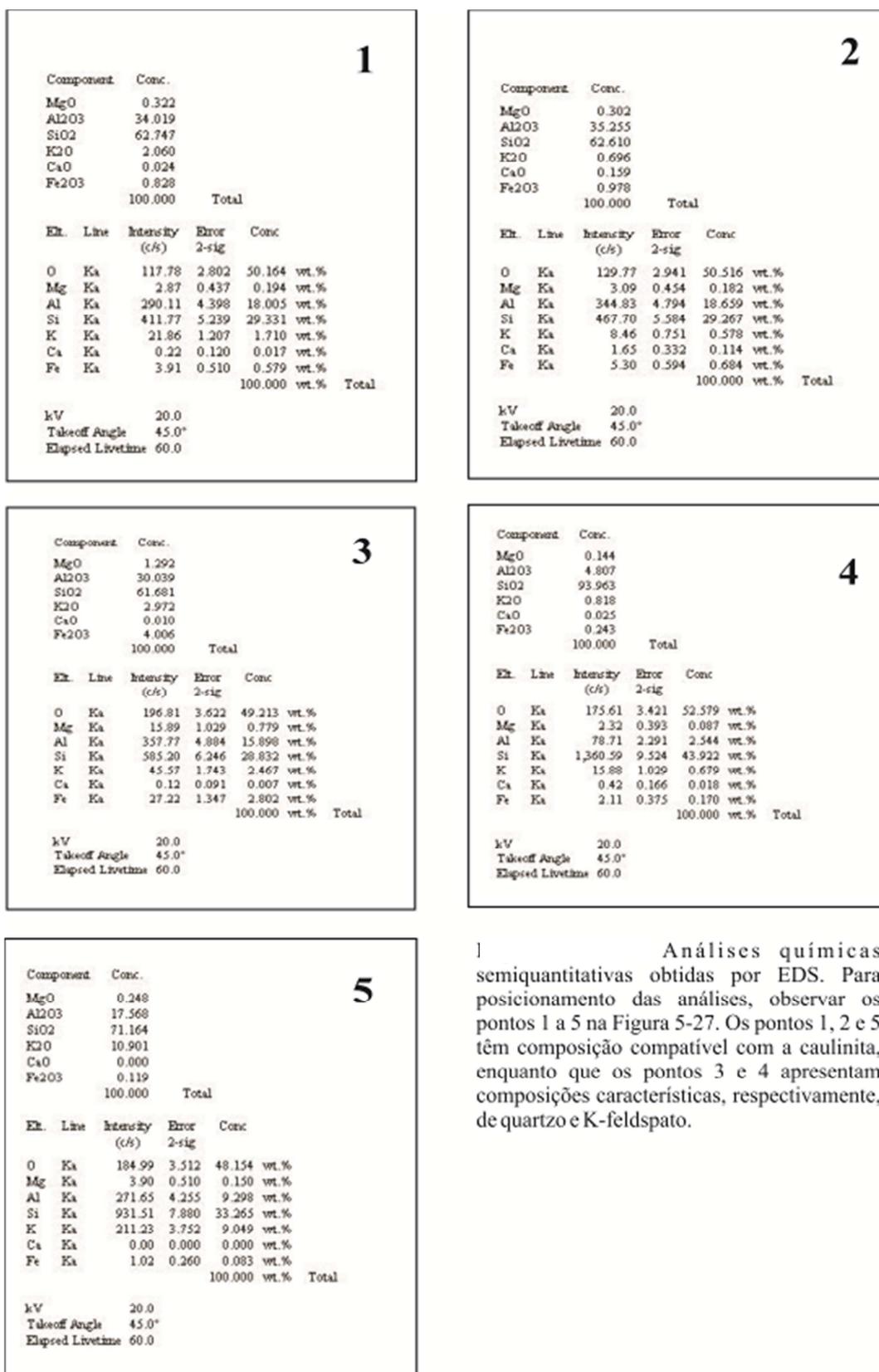
Nota: Em A e B: Grão de muscovita exibindo deformação provocada por compactação mecânica. Em A, C e E, poros alargados gerados provavelmente pela dissolução de grãos de K Feldspato (porosidade secundária). Em B, D e F: nota-se a proporção relativamente elevada (30 a 40%) de grãos de K-Feldspato, com evidências de alteração (caulinização).

Figura 38 - Fotomicrografia em lâmina petrográfica da amostra ITA 1(A)



Nota: Obtida em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Imagem de baixo vácuo com detector de elétron espalhado. Qtz=quartzo; KfId=K-Feldspato; Cau=caulinita.

Figura 39 – Análise químicas semiquantitativas



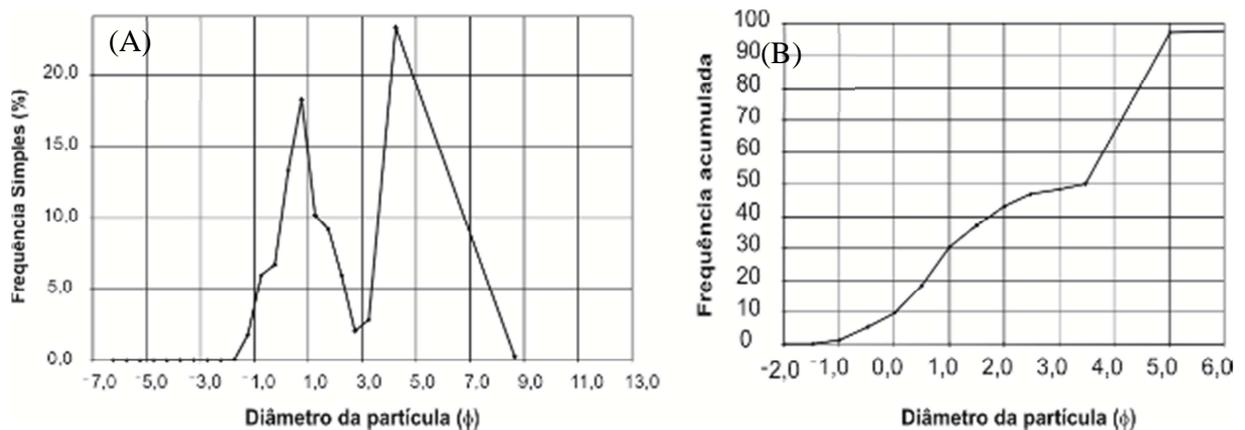
1) Análises químicas semiquantitativas obtidas por EDS. Para posicionamento das análises, observar os pontos 1 a 5 na Figura 5-27. Os pontos 1, 2 e 5 têm composição compatível com a caulinita, enquanto que os pontos 3 e 4 apresentam composições características, respectivamente, de quartzo e K-feldspato.

## Interpretação

Através da detecção de minerais como quartzo, feldspato, muscovita em abundância e da identificação de sub-angularidade, foi constatada a imaturidade mineralógica dessa fácies. O desvio padrão de *Asm* apontou também para uma seleção pobre indicada pela dispersão relativamente elevada na distribuição das classes granulométricas presentes o que sugere, considerando-se também o aspecto subarredondado a subangular dos grãos, imaturidade textural desses depósitos (Figura 40).

Deve ser destacado que boa parte da fração argilosa detectada na análise granulométrica deva estar associada aos argilominerais gerados pela caulinição de K-feldspatos durante a diagênese desses depósitos, conforme discutido anteriormente. Sendo assim, boa parte (ou a totalidade) da fração argilosa dessa fácies, que aparece em destaque no gráfico de distribuição de frequência relativa da Fig. 40 (pico próximo a 4 phi), não deve corresponder a uma matriz detrítica (matriz verdadeira). Conforme anteriormente mencionado, originalmente esses arenitos apresentavam um elevado teor de K-feldspato (40-50% - arcósios), tornando-se progressivamente mais quartzosos pela diagênese, devido ao processo de dissolução e caulinição de grãos de K-feldspato. Atualmente, esses arenitos são classificados composicionalmente como sub-arcósios.

Figura 40 - A) Gráfico de distribuição da frequência relativa (phi x % simples) da amostra da fácies *Asm* (ITA 1 a), Itambí, RJ; B) Gráfico de distribuição da frequência acumulada (phi x % acumulada) da fácies *Asm*, Itambí, RJ



Sendo assim, considerando-se que boa parte ou a totalidade da fração argilosa reconhecida nesses arenitos possa ter origem diagenética, interpreta-se que em termos de processos deposicionais, os estratos dessa fácies foram depositados por correntes trativas unidirecionais, em regime de fluxo inferior, através da migração de forma de leito arenosas em contexto de fluxos canalizados. No entanto, considerando-se que o estudo petrográfico abrangeu uma única localidade e que em algumas situações a fração argilosa apresentava-se bastante expressiva, deve ser considerada também a possibilidade de existência de matriz deposicional em alguns dos intervalos desses depósitos. Assim, no contexto faciológico analisado, os depósitos dessa fácies são compatíveis tanto com um ambiente fluviais do tipo entrelaçado como com a porção mediana a distal de leque aluvial.

#### **5.4 Arenito Conglomerático com Intraclastos Lamíticos - *Aci***

A fácies Arenito Conglomerático com Intraclastos intraformacionais lamíticos apresenta em geral aspecto maciço, apresentando frequentemente granulometria grossa a muito grossa. Os intraclastos silto-argilosos encontrados dispersos nos estratos dessa fácies apresentam granulometria bastante variável, desde poucos centímetros até cerca de 30 cm de diâmetro. Localmente, no afloramento ITA 1(b), os estratos dessa fácies podem alcançar espessuras acumuladas de até 3 metros. Nesse ponto, tais estratos são litologicamente compostos por arenito grosso, argiloso, com diversos corpos intraclásticos silto-argilosos de até 30 cm de diâmetro e coloração arroxeadada. Estes depósitos apresentam geometria lenticular, estando os intraclastos subarredondados esparsamente distribuídos (Figuras 41 (A e B) e Figura 42).

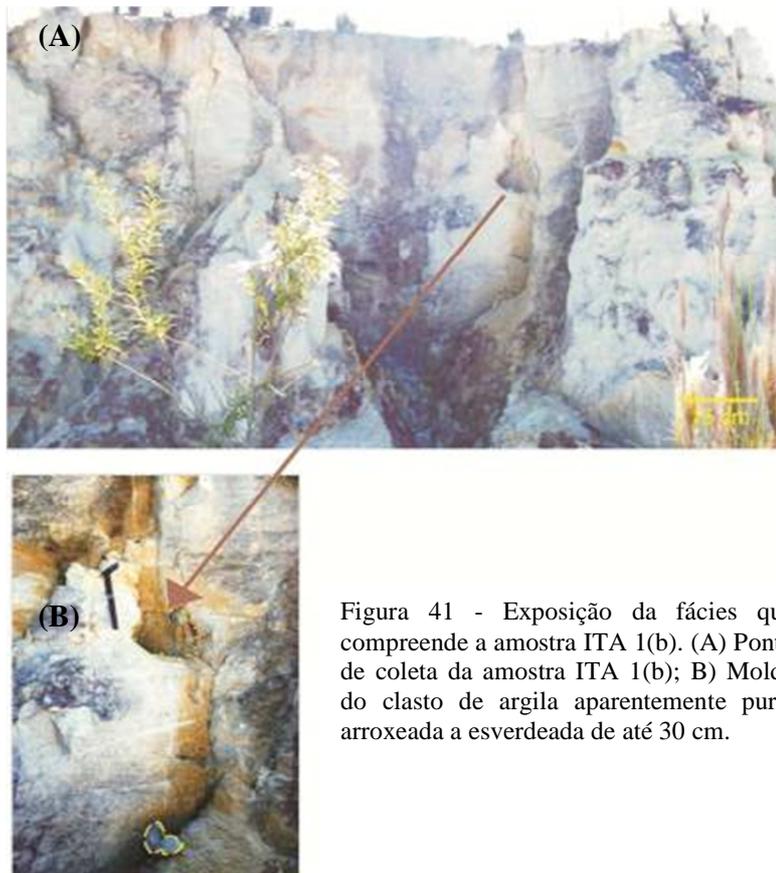
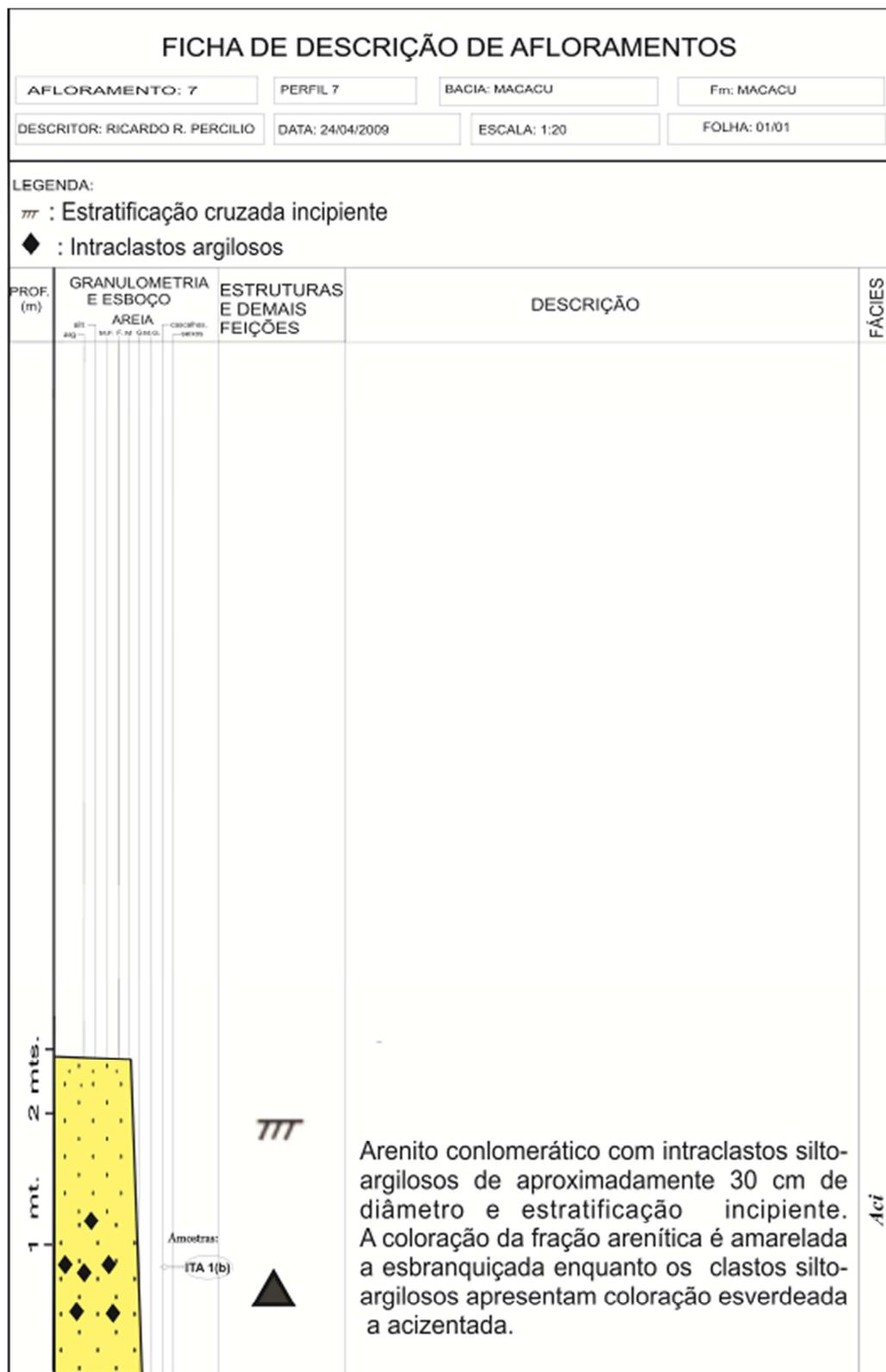


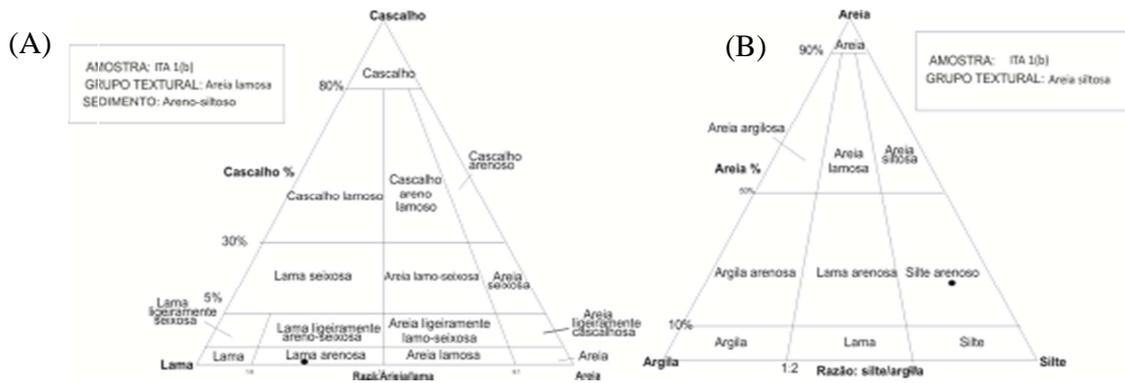
Figura 41 - Exposição da fácies que compreende a amostra ITA 1(b). (A) Ponto de coleta da amostra ITA 1(b); B) Molde do clasto de argila aparentemente pura, arroxeadada a esverdeada de até 30 cm.

Figura 42 - Perfil sedimentológico 7. Área de coleta da amostra ITA 1(b)



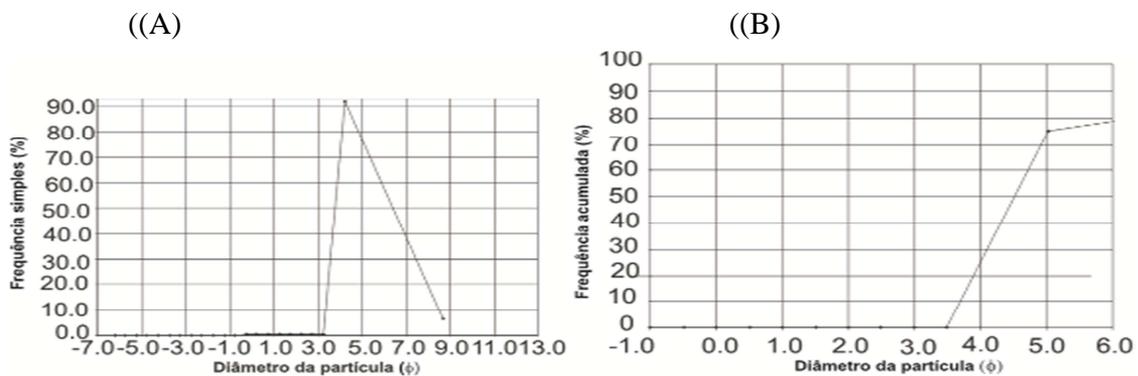
Na análise granulométrica de intraclastos da fácies *Ai*, constatou-se que os sedimentos desses intraclastos estão relacionados ao grupo textural lamo-arenoso (Figura 43 A e B).

Figura 43 A) Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho de ITA 1(b); B) Diagrama de distribuição granulométrica das frações silte/argila/areia de ITA 1(b), Itambí, RJ.



Ainda com relação a textura da amostra ITA 1(B), constatou-se, através da construção de gráficos de frequência relativa e frequência acumulada, que este intraclasto lamito-arenoso pertence a uma única moda e a classe textural apresenta cerca de 50% de diâmetro (mediana) formado por areia fina e areia muito fina. A assimetria negativa entre 4 e 5 expõe o predomínio dos sedimentos finos na amostra além de apresentar desvio padrão indicativo de origem a partir de um depósito muito pobremente selecionado (Figura 44).

Figura 44 - (A) Distribuição relativa em phi da amostra ITA 1(b), Itambí, RJ; B) Distribuição acumulada em phi da amostra ITA 1(b), Itambí, RJ

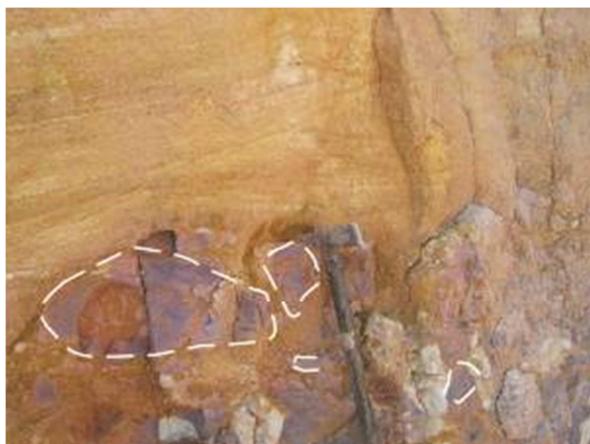


No afloramento do ponto ITA 7 esta fácies apresenta espessura reduzidas (até 20 cm) sendo caracterizada pela presença de intraclastos argilosos com até 6 cm de diâmetro. Localmente os intraclastos argilosos apresentam cores indicativas de oxidação intensa, vermelho-arroxeadas (Figuras 45 e 46).

Figura 45 - Exposição de estratos da fácies *Aci* (bolotas de argila), com intraclastos argilosos de 6 cm de diâmetro. Ponto ITA 7.



Figura 46: Fácies *Aci* (Arenito Conglomerático Intraformacional) com clastos de bolas de argila de aproximadamente 6 cm e coloração arroxeadada bastante argilosa, ponto 7 (Lagos).



### **Interpretação**

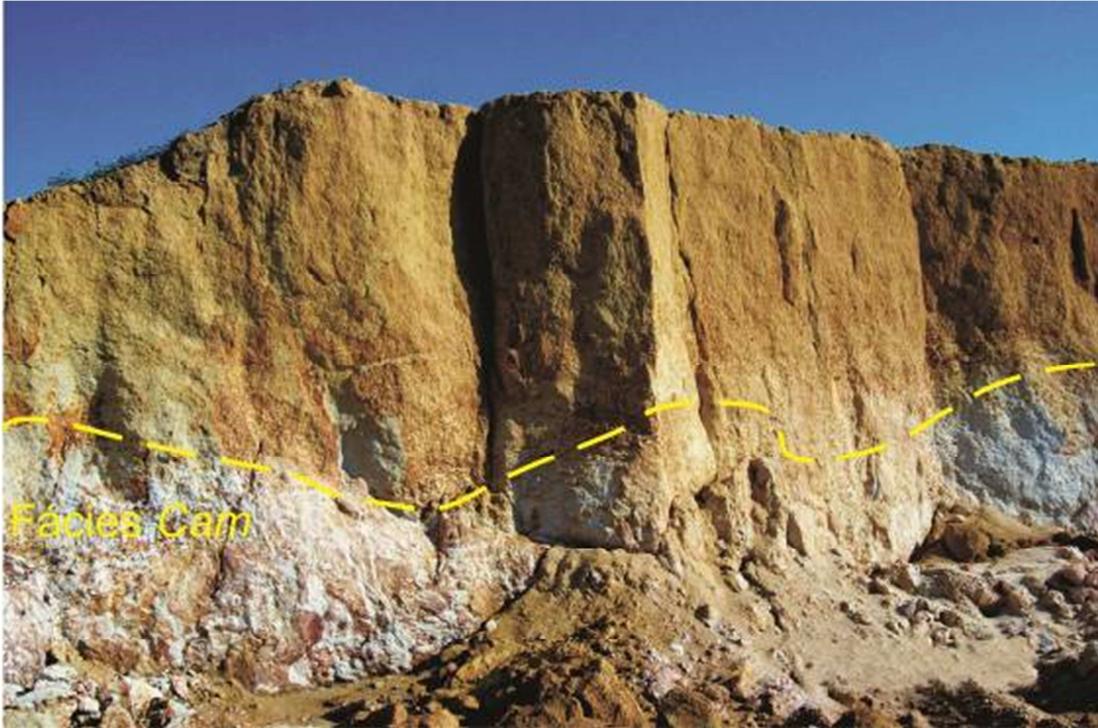
A partir da análise textural o depósito é considerado como pobremente selecionado e constituído predominantemente por grãos subarredondados, sendo caracterizado como um depósito sub maduro. Esta fácies também é considerada sub matura sob o ponto de vista mineralógico por apresentar quartzo e feldspatos em abundância, além de mica. A coloração primária está relacionada a processos de soterramento associados à ocorrência de fluxos hiperconcentrados com poder erosivo forte o suficiente para arrancar clastos lamosos do substrato por onde passaram. A grande concentração deste fluxo reflete na baixa capacidade de transporte deste sistema ocasionando uma deposição típica de *lags* caracterizada por ocupar lateralmente algumas das principais feições canalizadas discutidas nesta dissertação.

### **5.5 Fácies Arenito Conglomerático Maciço - *Acm*.**

A fácies Arenito Conglomerático Maciço (*Acm*) é caracterizada por arenito grosso a muito grosso, conglomerático, com matriz sílto-argilosa de coloração amarelo-avermelhada, com pacotes de espessura métrica intensamente mosqueada por processos de oxidação. Tais estratos amalgamados compõem um corpo de aspecto canalizado com cerca de 10 m de largura e 4 m de altura

Os estratos dessa fácies exibem, em geral, gradação normal e geometria lenticular. Os clastos conglomeráticos são predominantemente quartzosos e com até 5 cm de diâmetro (Figuras 47 e 48). Localmente, o afloramento que corresponde as características anteriormente citadas está a 100 metros (NW) de ITA 1 (fácies *Asm*).

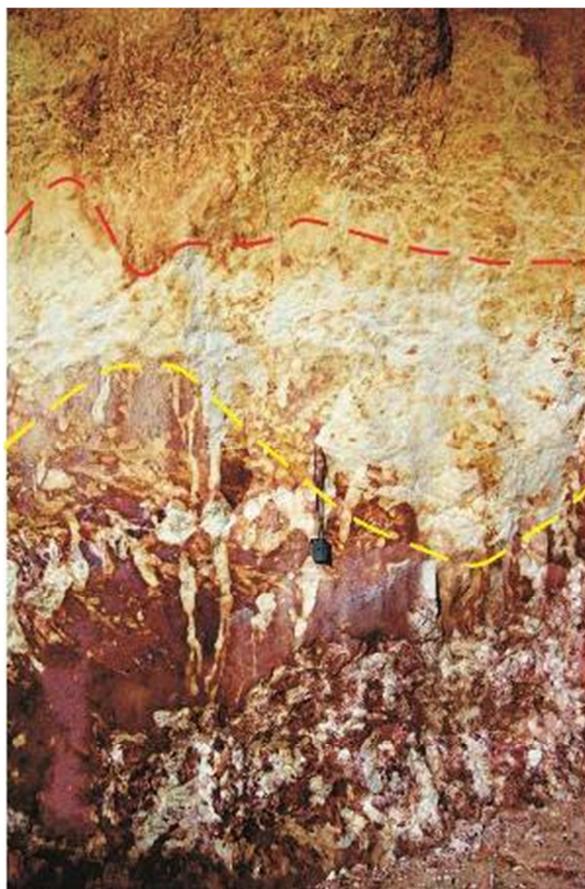
Figura 47 - Perfil sedimentológico 7. Afloramento constituído por arenito grosso argiloso a muito grosso estratificado da fácies *Acm*.





A base deste perfil é caracterizada por matriz silto-argilosa e corpo de arenito conglomerático maciço, seixos e clastos, ascendentemente substituídos por areia muito grossa. Este estrato constitui areia muito grossa apresentando caráter caulínico e coloração esbranquiçada além de aspecto pouco friável, superado somente pelos sedimentos diamictíticos próximos ao topo do afloramento (Figura 49).

Figura 49 - Fotografia de detalhe de estratos de arenito grosso/muito grosso, conglomerático, no ponto ITA 1(c)



Nota: Destaque para a presença, próximo à caneta no centro da foto, de clastos de quartzo/quartzitos arredondados a sub-arredondados, situados a aproximadamente 1,8m do sopé no perfil da figura 48.

A análise granulométrica da amostra ITA 1(c) indicou predomínio de areia grossa/muito grossa (33,6 %) sucedida por uma significativa concentração de areia média (18,2%). A areia fina (5,1 %) areia muito fina (14,9 %) e os sedimentos pelíticos (26,4 %) totalizam a matriz lam-arenosa exibida nesta amostra (Figuras 50 e 51).

Figura 50 - Diagrama de distribuição granulométrica das frações lama/areia/cascalho da amostra ITA 1(c), Itambí, RJ

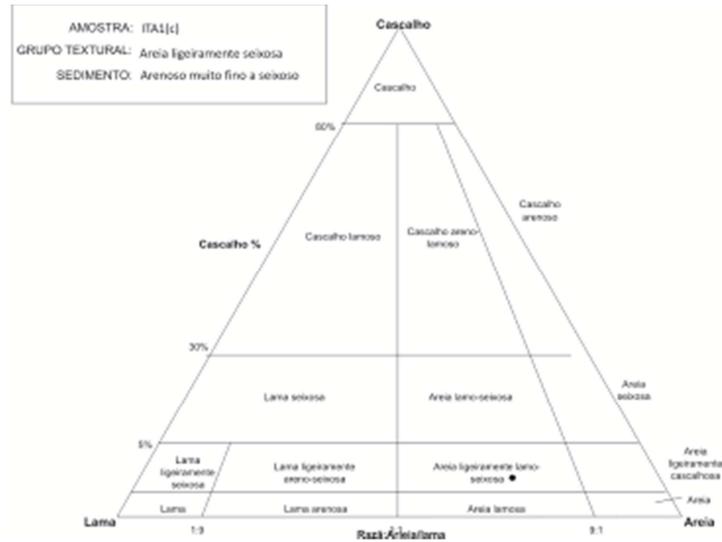
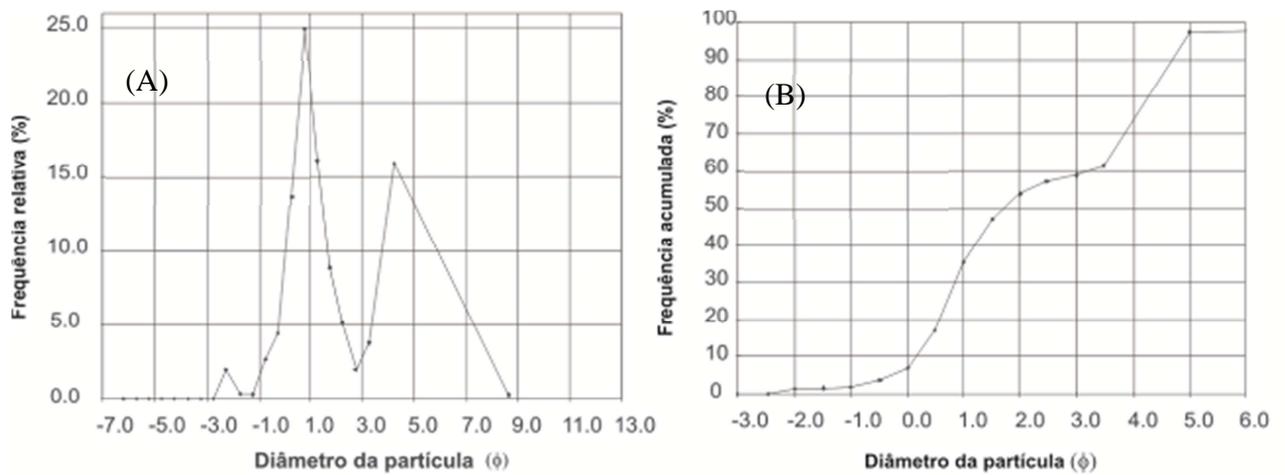
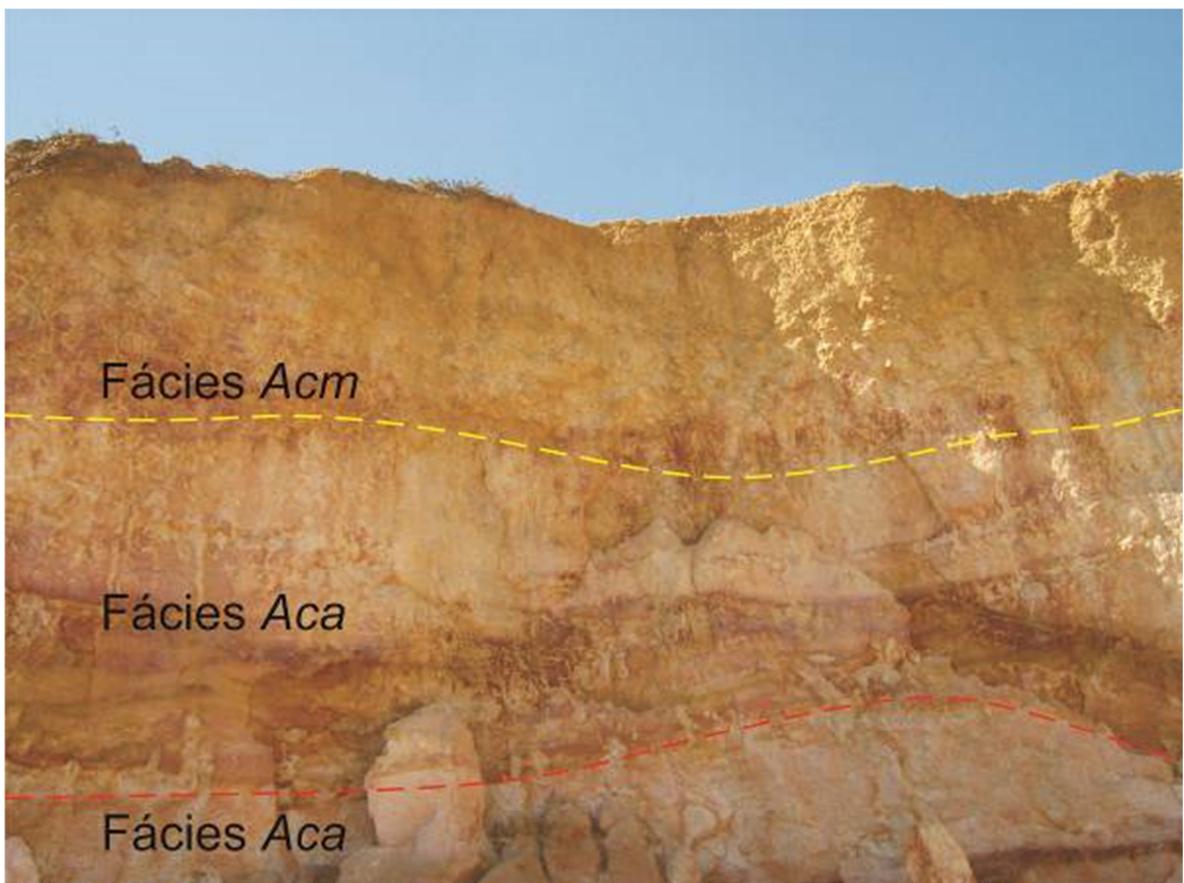


Figura 51 - Gráfico de distribuição da frequência relativa ( $\phi \times \% \text{ simples}$ ) da amostra ITA 1(c), Itambí, RJ; B) Gráfico de distribuição da frequência acumulada ( $\phi \times \% \text{ acumulada}$ ) da amostra ITA 1(c), Itambí, RJ.



Nos depósitos sedimentares que afloram no ponto ITA 7, também constatou-se a presença da fácies Arenito Conglomerático Maciço. Assim como os exemplares da fácies *Acm* encontrada no afloramento ITA 1 (c), próximas a Itambí, esta fácies é constituída por arenito conglomerático substituído por ortoconglomerados, ambos com acamamento maciço. Localmente esses arenitos exibem acamamento gradacional ascendente para o topo do afloramento e imbricação de clastos. Os seixos e blocos podem ser tanto exclusivamente constituídos por quartzo e bem arredondados, com até 20 cm de eixo maior, bem como mal selecionados e polimíticos. No primeiro caso, podem ocorrer tanto na base dos pacotes como nas porções medianas, variando em espessura desde poucos centímetros a 1 metro no topo do afloramento. No segundo caso, podem ocorrer nas frações interiores inseridos em matriz arenosa truncando a fácies *Aca* (Figura 52).

Figura 52 - Afloramento do ponto 7 (Lagos).



Nota: Sucessivo conjunto de fácies desde lamito arenoso maciço com grãos de quartzo dispersos até areia muito grossa bem definida com notável variação granulométrica em direção ao topo de afloramento.

## **Interpretação**

A fácies *Acm* apresenta assimetria positiva decorrente da presença de clastos da classe cascalho e predomínio de areia grossa. O valor do desvio padrão determinado para esta fácies indicou o caráter pobremente selecionado neste depósito com sedimentos relativamente homogêneos. A mediana encontra-se próxima de 1 phi sugerindo a relevante importância de processos deposicionais de alta energia responsáveis por carrear uma quantidade significativa sedimentos durante um curto período de tempo. A velocidade com que este processo ocorre associa-se com a amplitude e a capacidade com que este fluxo trativo transporta.

Nestas regiões a erosão costuma ser rápida com descarga elevada e esporádica provocando estruturas canalizadas com sedimentos. No interior deste fluxo a textura grossa identificada geralmente ocupa as porções superiores de arenitos acanalados substituindo-os com acamamento maciço. A pequena variabilidade da orientação cruzada acanalada nestes canais tende a mostrar que estas correntes possuem uma única direção sendo persistentes nos diversos perfis regionalmente pesquisados.

A interpretação destas areias de granulometria grossa é com frequência relacionada a sedimentos depositados em canais entrelaçados, podendo apresentar elementos formados por barras com camadas cascalhosas variavelmente lenticulares, em lençóis ou corpos frequentemente tabulares. Estes fluxos cascalhosos ocorrem como distributários de muitos leques aluviais de alcance proximal ou formados em diversas planícies de extravasamento em ambiente fluvio-glacial (Miall, 1992).

Especificamente no primeiro caso a construção deposicional dos cascalhos e da fácies correlata a *Acm* decorreu localmente, do desenvolvimento de extensos lençóis de cascalho durante eventos de altas descargas e da migração de barras cascalhosas. Estes conglomerados podem ser referenciados a fácies denominada Conglomerado Itambí de idade Plioceno/Pleistoceno citada por Ferrari (2001), caracterizada pela frequência e abrangência com que este estrato de geometria tabular ocorre nos perfis identificados por este autor.

## 6 CARACTERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES INTERPRETAÇÃO

### 6.1 Associações de fácies Sedimentares da Formação Macacu em Itambí

As seis fácies sedimentares descritas no decorrer do item 5 possuem relação genética entre si e podem estar relacionadas a quatro associações de fácies distintas, descritas a partir da base da seção, quais sejam:

- Associação A → lacustre;
- Associação B → de leques aluviais;
- Associação C → de canal fluvial entrelaçado;
- Associação D → de canal fluvial entrelaçado, de regime torrencial, e deposição relativamente mais recente.

As associações da fácies sedimentares apresentadas estão resumidas na Tabela 5 e na coluna estratigráfica exibida na Figura 53.

Tabela 4: Principais características reconhecidas dos depósitos sedimentares da Formação Macacu na área de Itambí.

ASSOC. FÁCIES	FÁCIES CONSTITUINTES	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
<b>A</b>	<b><i>Lal e Lam</i></b> (Perfis 1, 2)	Lamitos arenosos laminados a maciços, de geometria tabular caracterizado por uma grande continuidade lateral e espessuras métricas, coloração esverdeada a acinzentada, com estratos que ocupam a base da seção estudada.	<b>Lacustre</b>
<b>B</b>	<b><i>Aci, Lam, Lal,</i></b> <b><i>Acm, Aca</i></b> (perfis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)	Lamito areno-cascalho, estrutura maciça a laminada, intercalado entre arenitos grossos de <i>Aca</i> com no máximo 1 metro de espessura na porção intermediária da seção sedimentológica. Estes corpos conglomeráticos e areníticos compreendem desde diamictitos ou são variavelmente associados a arenitos com estratificação cruzada acanalada a conglomerados de caráter maciço. Observa-se ainda concentrações elevadas de constituintes quartzosos e ainda conglomerados intraformacionais exibindo bolotas de argila imbricadas no interior tanto das fácies de arenito com estratificação cruzada acanalada como nas	<b>Leque Aluvial</b>

		fácies lamíticas.	
<b>C</b>	<b><i>Lam, Aca, e Asm</i></b> (perfis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)	Fácies constituídas por arenito de granulação média a grossa, e conglomerados na base. Litologicamente estas fácies são constituídas por grânulos e seixos de quartzo, além de feldspatos intemperizados sobrepostos por arenito fino e sobrepondo-se a argilas laminadas. Além disso, apresentam pobre seleção e estruturas acanaladas a multi-acanaladas caracterizando assimetria negativa e baixa diversidade granulométrica. A espessura máxima dos <i>cosets</i> da fácies <i>Aca</i> é de 4-8 metros. Próximo do topo do perfil a fácies <i>Asm</i> limita arenitos grossos a conglomeráticos da fácies <i>Aca</i> constituindo arenito fino, com níveis argilosos laminados, apresentando clastos de cascalho muito finos dispersos. A extensão lateral dos estratos desta fácies pode alcançar dezenas de metros.	<b>Fluvial Entrelaçado</b>
<b>D</b>	<b><i>Acm, Aca,</i></b> (perfis 3, 4, 5, 6 e 8)	Constitui acamamento gradacional ascendente e imbricação de clastos. Os seixos e blocos podem ser constituídos por quartzo e bem arredondados, com até 20 cm de eixo maior, pobre selecionamento e polimíticos podendo ocorrer tanto na base dos pacotes como nas porções medianas, variando em espessura desde poucos centímetros a 1 metro no topo do afloramento.	<b>Sistema Fluvial Entrelaçado Cascalhento (mais recente)</b>

Fonte: O autor, 2009.

## 6.2 Associação de Fácies A - Lacustre

Ocupa o nível inferior da seção da Formação Macacu na região de Itambí, sendo constituída basicamente pelas fácies *Lam* e *Lal*. Nas poucas localidades em que foi observada, merecendo destaque o ponto ITA 4, é representada por uma única camada de aproximadamente 1 metro espessura, composta por lamito silto-argiloso, por vezes com contribuições de arenito fino a muito fino, maciço a incipientemente estratificado, de coloração esverdeada (ver Figura 2 e perfil sedimentológico 3).

O estudo de Lima *et al* (1996), baseado na análise petrográfica de sedimentos polimíticos e de linhitos, datou a Formação Macacu como eoceno-oligocênica sugerindo uma cronocorrelação com o sistema lacustre da Formação Tremembé (Bacia de Taubaté).

### 6.3 Associação de Fácies B - Leques aluviais

Os resultados de desvio padrão obtido pela análise granulométrica nos depósitos das fácies *Acm*, *Ac* e *Lam* apontaram para um selecionamento pobre a muito pobre. O predomínio de lamitos e arenitos com acamamento maciço (Figura 51 e 52), indicando fluxos gravitacionais de alta viscosidade, revelam a ocorrência de fluxos de lama e de detritos (*mudflow / debris flow*) relacionados ao transporte em região de encostas abruptas, promovendo a ocorrência de fluxos erosivos rápidos (*run-off*) e erosivos (Collinson, 1986).

A alta viscosidade dos fluxos de detritos inibiu a seleção destes depósitos. Assim, a descarga destes clastos juntamente com os fluxos inicialmente liberados favoreceu a geração de depósitos pobremente selecionados como os grandes clastos da fácies *Acm* carreados no contexto de uma matriz fina.

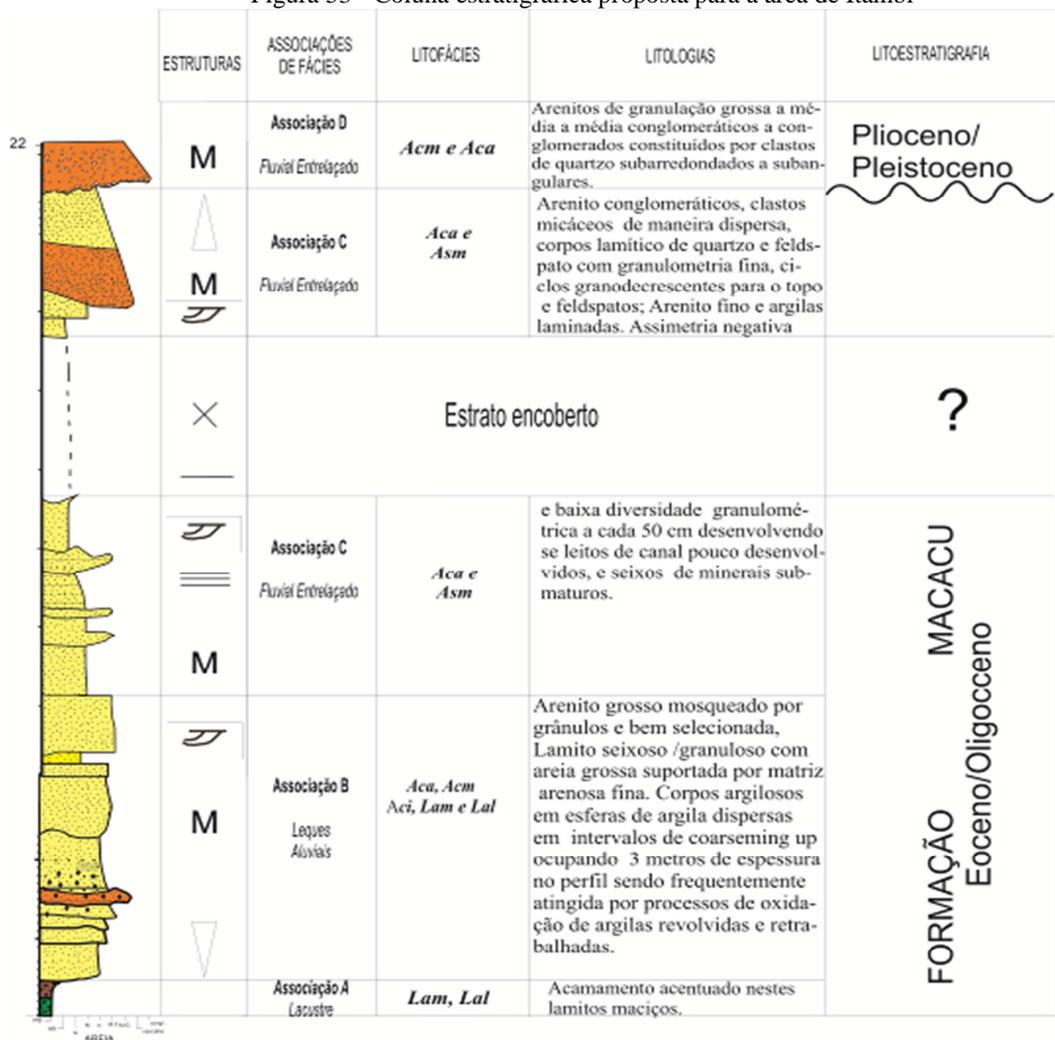
Os depósitos de leques aluviais são apontados por compor o cenário paleogeográfico da Formação Macacu há algum tempo (Méis e Amador, 1977). Na área de Itambí o sistema distributário atuante está relacionado a um estilo de sedimentação continental que ocorre principalmente em bacias de drenagem interna.

Para Walker e James (1992) sedimentos tipicamente oriundos de leques aluviais podem ou não ter sua geração vinculada predominantemente a depósitos de fluxos gravitacionais. Além disso, depósitos fluviais ocorrem em muitos sistemas de leques aluviais construídos sobre o desenvolvimento de lençóis menos cascalhosos. Esses depósitos fluviais são gerados durante eventos de grande descarga com a migração de formas de camadas resultando geralmente na ocorrência de fácies arenosas do elemento SB (*sandy bedforms*) de Miall (1985). Localmente, a fácies que corresponde ao elemento SB na coluna estratigráfica em Itambí é identificada pelas fácies *Aca* e *Asm*.

Deve ser destacado que no contexto de leque aluvial na região estudada as fácies pelíticas identificadas constituem-se frequentemente por lamitos arenosos maciços (*Lam*). Os lamitos da Associação A apresentam-se laminados e com proporção de clastos, quando presentes, relativamente baixa, além da maior tabularidade, continuidade lateral e espessura de seus estratos. Essa distinção torna-se importante no processo de aproveitamento econômico desses depósitos. Considerações mineralógicas dessas fácies lamíticas nas Associações A e B serão abordadas no item 5.

Os depósitos de leques caracteristicamente apresentam formato radial, sendo construídos por repetidas avulsões. Seus depósitos são acumulados devido à perda de força a jusante neste sistema, em função tanto do aumento da distância em relação à área supridora de sedimentos como da diminuição acentuada do gradiente deposicional. Assim, nas porções proximais, prevalecem as fácies mais grossas, em geral representadas por conglomerados, maciças ou estratificadas, com gradação normal ou inversa, enquanto que as porções medianas e distais dos leques são dominadas, em geral, por fácies arenosas e lamíticas, como as fácies *Lam*, *Lal*, e conglomerados intraformacionais e conglomerados maciços (*Ci* e *Acm*), aqui identificados. Lateralmente, as fácies de leque podem se interdigitar com fácies típicas de sistema fluvial, indicando já o domínio de um gradiente deposicional menos acentuado (Figura 53).

Figura 53 - Coluna estratigráfica proposta para a área de Itambí



#### 6.4 Associação de Fácies C - Sistema Fluvial Entrelaçado

A Associação de fácies C inclui arenitos grossos com níveis conglomeráticos das fácies *Aca*, e conglomerados da fácies *Acm* organizados em ciclos granodecrescentes em geral finalizados no topo por fácies de granulação média.

Os depósitos sedimentares das fácies *Acm* e, notavelmente, *Aca* apresentam um contexto geométrico de base relativamente convexa por vezes erosiva escavando os estratos sotopostos e exibindo diferentes ciclos granodecrescentes. A fácies *Aci* ocorre frequentemente associada às fácies *Aca* e *Acm*. Esses conglomerados intraformacionais, que podem desenvolver pacotes de até 1 m de espessura, são constituídos frequentemente por clastos da fácies Lam, indicando retrabalhamento por correntes erosivas no contexto da dinâmica fluvial.

A geometria das estruturas canalizadas de formato é indicativa de paleocanal associado a fluxos trativos de alta energia. Os estratos de arenito portadores de estratificação cruzada que preenchem as geometrias canalizadas apresenta em geral, pequeno a médio porte. Os *cosets* desta fácies atingem espessuras médias da ordem de 1,5 m

A geometria da base dos canais observados em campo sugere que tais canais apresentaram uma relação largura / profundidade relativamente alta ( $> 40$ ), compatíveis com os padrões de planícies fluviais *braided*. Tais canais são caracterizados por correntes de tração, aonde os sedimentos são transportados de maneira menos coesa, com os sedimentos sendo transportados preferencialmente como *bed load* (Walker & James 1992).

O sistema de canal fluvial está presente em grande parte das fácies identificadas no perfil colunar detalhado neste trabalho (Tabela 4). O diagnóstico provável nestes depósitos é indicado como canal entrelaçado constatado pelos sucessivos ciclos de afinamento ascendente, pela litologia majoritariamente constituída por arenito grosso ou conglomerática (fácies *Aca* e *Acm*), presença de estratificação cruzada acanalada e depósitos de areia de fundo de canal, infertilidade paleontológica devido à natureza oxidante encontrada nestes ambientes, e coloração avermelhada nesses depósitos de leques aluviais ocasionadas pela deposição de ambientes continentais.

A fácies lamítica intercalada nos depósitos de arenito grosso pode estar relacionada a depósitos de extravasamento de canais (*overbank*) ou mesmo canais abandonados (Selley, 1996) e sua presença é marcada por dupla superfície de descontinuidade localizada acima e abaixo dos depósitos de canais.

### 6.5 Associação de Fácies D - Sistema Fluvial Entrelaçado: Fácies Cascalhentas

Representada pelas fácies *Acm*, e *Aca* ocupa a porção superior na Formação Macacu na área de Itambí e capeiam sedimentos de ITA 7. Reconhecidos em diversos estudos, os depósitos desta associação de fácies foram estudados por Meis & Amador (1977 e 1980), que os relacionam geneticamente a remoção do manto de intemperismo bem desenvolvido resultante da ação de fluidos de alta densidade, com a deposição por águas correntes resultante de processos intempéricos.

Os conglomerados de quartzo observados tanto no ponto da Amostra ITA 1(c) como em ITA 7, apresentam geometria externa de corpos conglomeráticos relativamente horizontais, sugerindo o transporte de grãos deslocados por fluidos de alta velocidade e viscosidade, típicos de *debris-flow*. A laminação plano-paralela desta associação de fácies indica atuação de eventos com forte inundação, resultante de um processo deposicional com regime de fluxo torrencial. Esta associação de fácies é interpretada como depositada por fluxo em lençol (Bourquin *et al*, 2009).

Os conglomerados de quartzo da fácies *Acm* são caracterizados pelo predomínio de corpos maciços e imbricação de seixos como, no ponto da ITA 1(c). Os conglomerados da fácies *Acm* estão sempre relacionados com o topo do pacote de sedimentos na Formação Macacu estudados por Ferrari (2001). Assim estes depósitos caracterizam-se pela capacidade de erodir as camadas diretamente sotoposta simbolizando a fácies que para Ferrari (2001) não está inserida na formação Macacu, mas pertence a outro grupo reconhecido pela superficialidade e ampla ocorrência deposicional resultante da atuação de canais entrelaçados com forte incidência de clastos de cascalho.

### 6.6 Caracterização Depositional

A complexa diversidade nas feições dos Depósitos Cenozóicos da Região de Itambí torna laboriosa a construção de modelos deposicionais para região. Entretanto, esforços devem ser priorizados no sentido de diagnosticar os prováveis paleoambientes atuantes. Neste sentido, um

grupo significativo de autores (Meis e Amador 1972, Meis e Amador 1977, Amador 1980 e mais recentemente Ferrari, 2001 e Caldas, 2004 *apud* Gonçalves, 2004) têm implementado estudos de maior detalhe sobre os Depósitos Cenozóicos Sedimentares neste trecho da Bacia do Macacu.

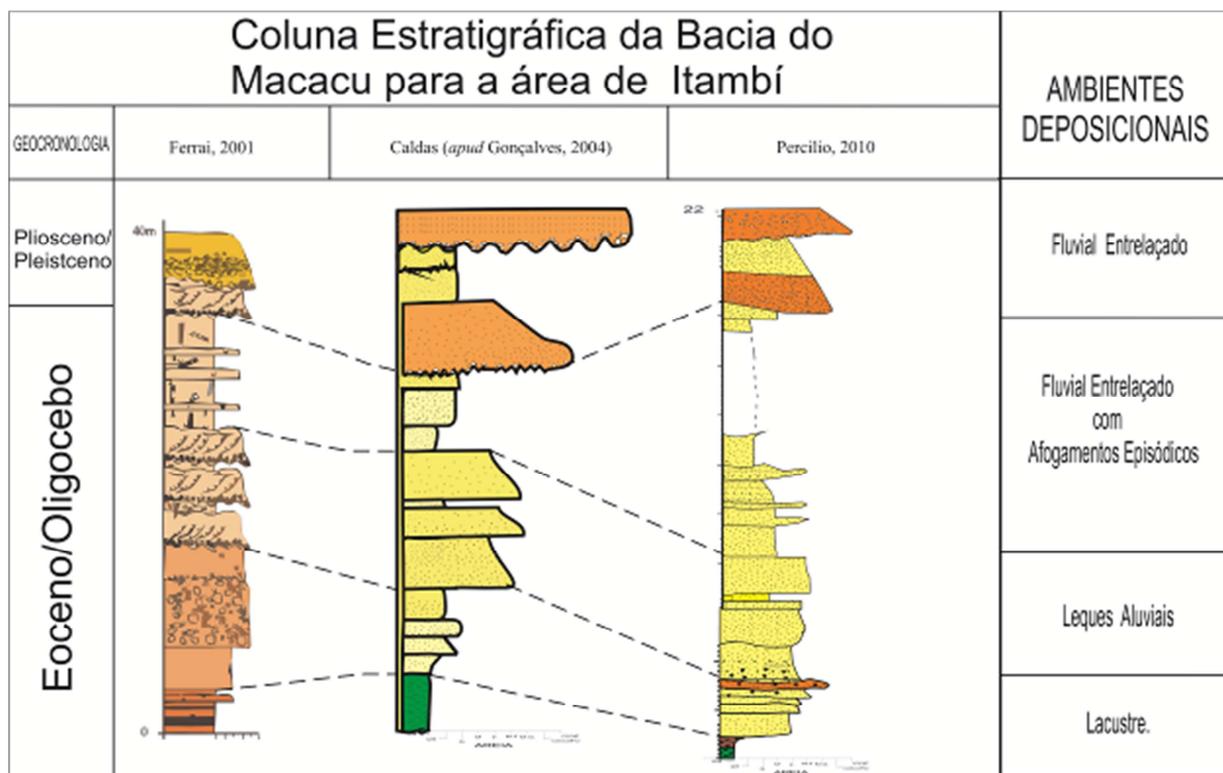
O processo deposicional interpretado para Itambí aponta para um provável cenário deposicional constituído por uma fase aluvial que se desenvolveu na depressão da Bacia do Macacu no contexto do Rifte da Guanabara. Nesses depósitos aluviais são identificadas tanto fácies típicas de um sistema fluvial entrelaçado (*braided*) mais característico, quanto depósitos de sistema de leques aluviais.

A fácies fluvial em geral apresenta-se predominantemente arenosa com desenvolvimento de estratos lenticulares lateralmente extensos de arenitos grossos com estratificação cruzada acanalada a tabular. Estas fácies caracterizam a migração de barras longitudinais e transversais dentro da dinâmica de canais fluviais. Este tipo de ambiente também foi apontado como responsável pelos depósitos na Bacia do Macacu na área de Itambí por Ferrari (2001). Em sua reconstrução paleoambiental o citado autor considerou que esses depósitos representariam uma associação de fácies gerada por fluxos axiais de drenagem de caráter entrelaçado na borda sudeste da bacia.

Caldas (2004 *apud* Gonçalves, 2004) também identifica associações fluviais (suas associações B e D), entretanto, em um modelo diferenciado em relação ao proposto por Ferrari (*op. cit.*).

Exceto as associações de fácies de leques aluviais identificadas no estudo de Ferrari (2001), ausente na carta estratigráfica proposta por Caldas (2004), e a associação de fácies de leques costeiros, somente detectada na análise de Caldas (2004), as fácies identificadas no presente estudo não apresentam grandes variações em relação aos ambientes estudados por estes dois autores (vide Figura 54):

Figura 54 - Carta estratigráfica da Bacia do Macacu para a área de Itambí



Nota: Modificado e adaptado de Ferrai (2001), Caldas (*apud* Gonçalves, 2004).

## 7 MINERALOGIA DAS ARGILAS

Os primeiros estudos dos argilominerais da região de Itambí-Itaboraí através da difração de raios X apontaram para um predomínio dos minerais do grupo da caulinita. Segundo Meis & Amador (1977), sua gênese está relacionada ao intemperismo pós-deposicional desenvolvido em ambiente relativamente ácido, associado à intensa lixiviação.

Por outro lado, Greca (1983 e 1986), identificou a distribuição de modo aleatório de montmorillonita na fração argila. Além disso, detectou-se mica e illita nos feldspatos alterados, indicando segundo a autora, a atuação de um ambiente intensamente meteorizado sobre o Pré-Cambriano.

As análises através do microscópio eletrônico de varredura permitiram identificar os minerais segundo a sua morfologia. Os difratogramas e as imagens constituem assim, a fonte dos dados discutidos a seguir:

Tabela 5: Identificação dos minerais segundo os picos  $2\theta$  e índices hkl

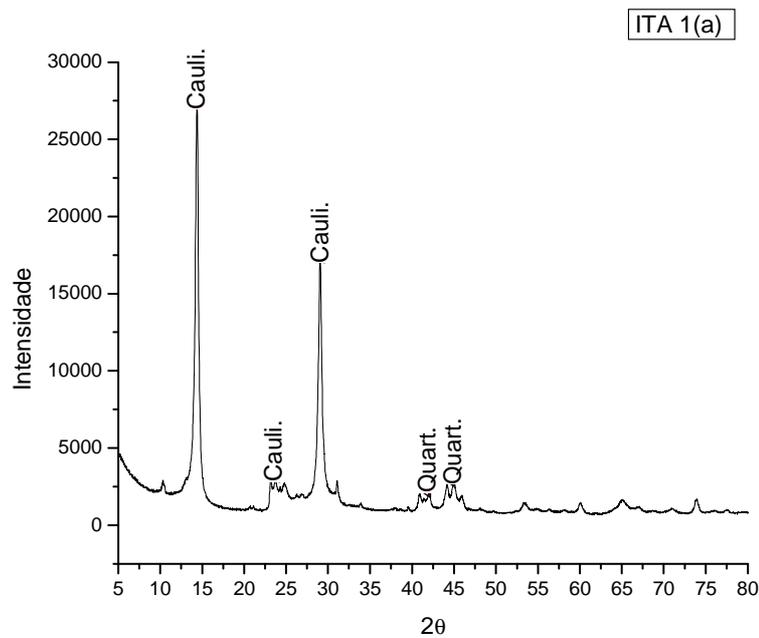
<b>MINERAL</b>	<b>2 <math>\theta</math> (referência)</b>	<b>2 <math>\theta</math> (experimental)</b>	<b>hkl</b>
Caulinita	14,38°	14,38°-14,44°	001
Montmorillonita	7,54°	7,7° - 8, 20°	003
Haloisita	10,26°	10,32° - 10,54°	001
Quartzo	31,04°	30,05° - 31,46°	101

### 7.1 Ponto 1- Amostra ITA 1 (a): Fácies *Asm*

A classificação granulométrica da amostra da fácies *Asm* indicou elevados teores de pelíticos (> 30%). A concentração da fração argila foi desenvolvida através da decantação das partículas nas provetas permitindo determinar com facilidade e confiabilidade os teores de silte e argila baseando-se na Lei de Stokes Dias (2004).

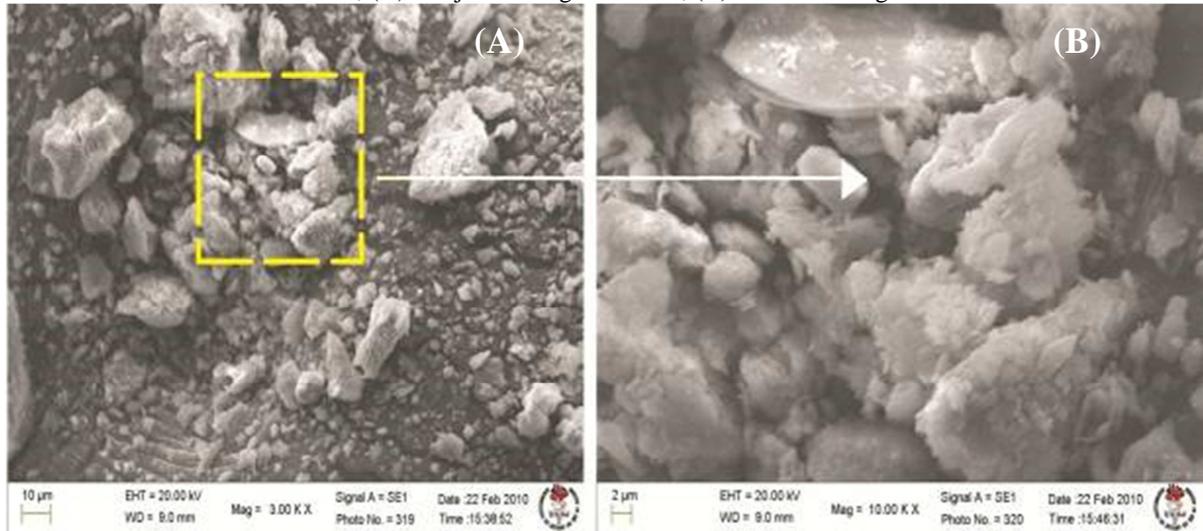
A fração argila da Amostra ITA 1(a) é caracterizada pela presença de argilominerais do grupo da caulinita predominantemente. Em seguida, são observados picos secundários de quartzo (Figura 55).

Figura 55 - Difratoograma de raios X da amostra ITA 1(a). Co K $\alpha$  (35kV/40 mA).



Através do MEV observou-se que a Amostra ITA 1(a) apresenta caulinita variando desde agregados até grãos esparsamente distribuídos de aproximadamente 6  $\mu\text{m}$ . (Figura 56).

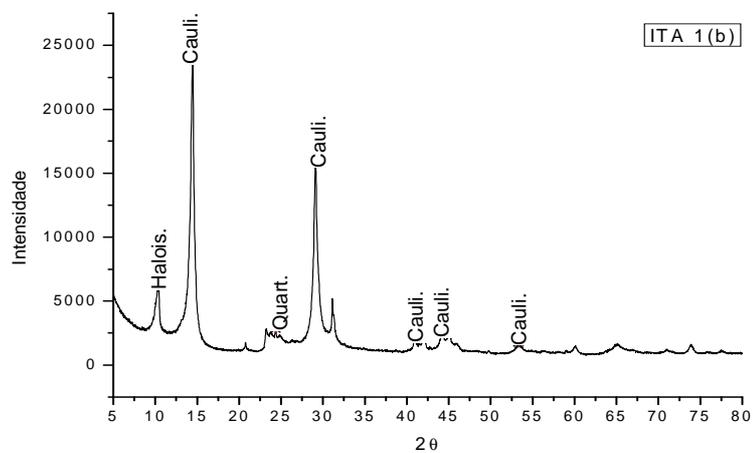
Figura 56 - (A) Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração argila na Amostra ITA 1(a). Elétrons secundários; (A) Conjunto de aglomerados; (B) Detalhe da região assinalada.



## 7.2 Amostra - ITA 1(b): Fácies *Aci*

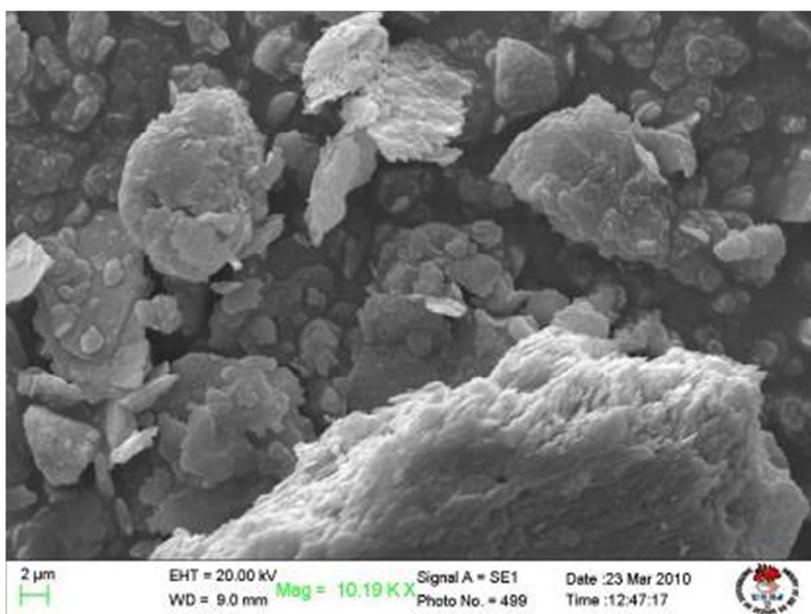
O difratograma de raios X da fração argila da amostra ITA 1(b) apresenta pico intenso na região a  $14,44^\circ$  e  $29^\circ 2\theta$  indicando a predominância de caulinita e, em menores concentrações, haloisita ( $10,38^\circ 2\theta$ ) e quartzo (Figura 57).

Figura 57 - Difratograma de raios X da amostra ITA 1(b). Co K $\alpha$  (35kV/40 mA)



O predomínio de caulinita observado por meio de microscopia eletrônica de varredura mostra a ocorrência de filossilicatos constituídos por grãos de aproximadamente 3  $\mu\text{m}$ . Os aglomerados são caracterizados por uma morfologia sub-arredondada a sub-angular de 3 $\mu\text{m}$  a 8  $\mu\text{m}$  e tendência de agregação no arranjo dos grãos de caulinita, haloisita e quartzo.

Figura 58 - Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila da Amostra ITA 1(b). Elétrons secundários



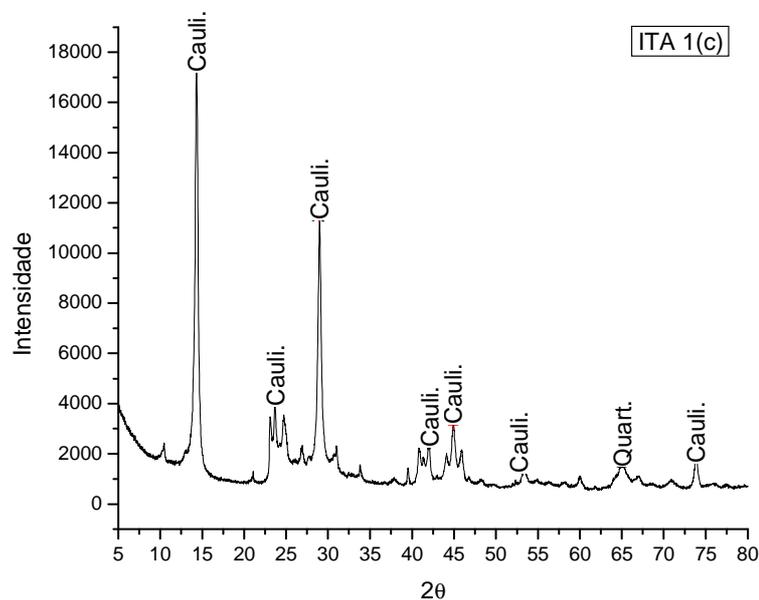
Nota: Nódulos de geometria sub-angular a angular.

Fonte: O autor, 2009.

### 7.3 Amostra - ITA 1 (c): Fácies *Acm*

A fácies *Acm* apresentou expressivo teor de sedimentos grossos (73,6%), o mais elevado dentre as amostras estudadas. Apesar disso, a composição mineralógica da Amostra ITA 1(c) possui correspondência com as amostras ITA 1(a) e ITA 1(b), notavelmente por apresentar o predomínio de caulinita (Figura 59) simultaneamente nestas três amostras.

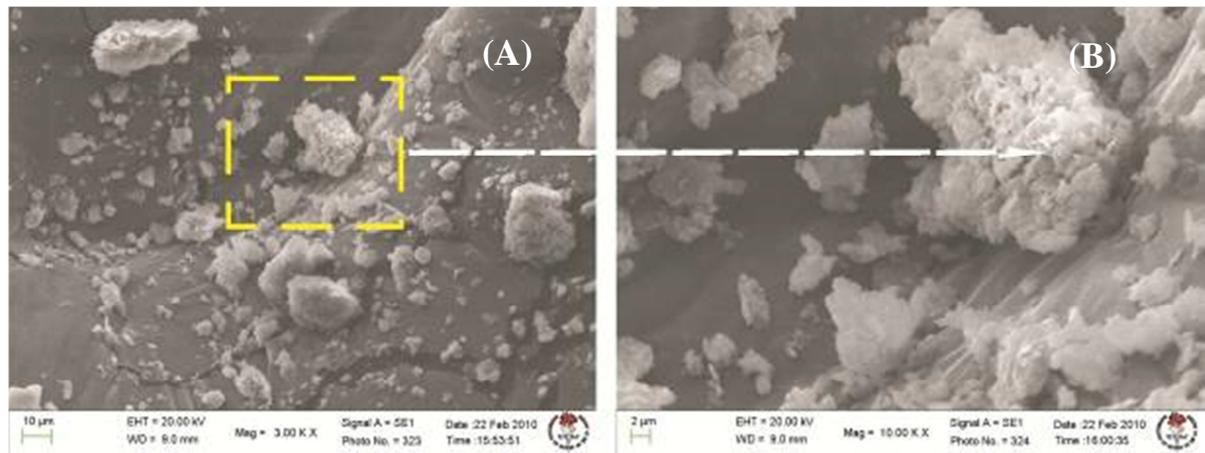
Figura 59 - Difratoograma de raios X da amostra ITA 1(c). Co K $\alpha$  (35kV/40 mA).



Nota: Elétrons secundários. Caulinita predominante seguida por haloisita e quartzo.

As imagens obtidas por microscópio eletrônico de varredura exibem agregados de caulinita, organizados em lâminas. Em detalhe, estes agregados distribuem-se esparsamente sendo compostos por uma associação de pequenas placas pseudo-hexagonais. Cabe ressaltar que para as amostras ITA 1(a), ITA1(b) e ITA 1(c) além do domínio da caulinita como o mineral mais importante, houve uma tendência de agrupamento na organização destes grãos (Figura 60).

Figura 60 - (A) Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração argila da Amostra ITA 1(c).

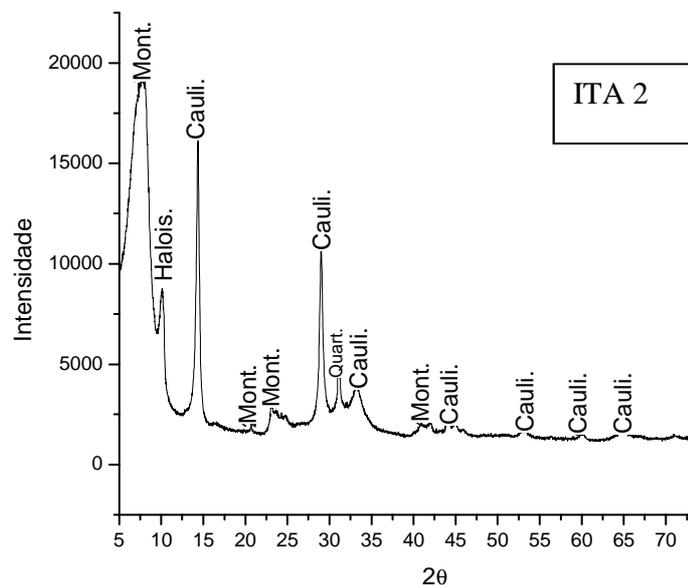


Nota: Elétrons secundários; (A) Conjunto de aglomerados; (B) Detalhe da região contendo cristais caulínicos de aproximadamente 2µm.

#### 7.4 Amostra - ITA 2: Fácies *Lal*

A fácies Lamito Arenoso Laminado (*Lal*) apresenta majoritariamente minerais do grupo da montmorillonita e caulinita identificados por difração de raios X. Observando-se a maior intensidade de pico a  $\sim 7^\circ 2\theta$  na Amostra ITA 2, sinalizou-se a ocorrência de montmorillonita sucedida por picos secundários de caulinita, haloisita e quartzo (Figura 61).

Figura 61: Difratograma de raios X da amostra ITA 2. Co K $\alpha$  (35kV/40 mA).



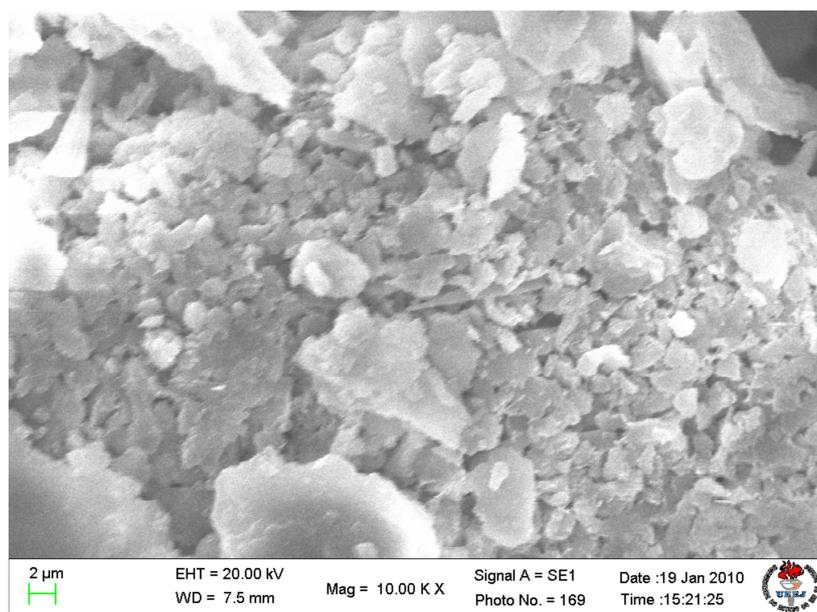
Nota: Predominância de montmorillonita e secundariamente caulinita na amostra.

A morfologia destes argilominerais é constituída por agregados e grãos existentes. Os agregados perfazem desde 10  $\mu\text{m}$  a 20  $\mu\text{m}$  e os grãos aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  a 2  $\mu\text{m}$ . A visualização da Amostra ITA 2 por meio de MEV, não contribuiu a identificação da morfologia da montmorillonita, devido a ausência na nitidez de lamelas e a reduzida dimensão destes constituintes (Figura 62).

A ausência de uma morfologia típica de lamelas de montmorillonita na Amostra ITA 4, pode ser explicada por dois motivos. Primeiramente pela reduzida dimensão de seus grãos mais favoravelmente identificáveis a 20.000 KX; e em segundo lugar, do mascaramento provocado

pela elevada concentração de silte (acima de 50 % na amostra total) refletindo na tendência de agregação para estes grãos ITA 4 (Figura 62).

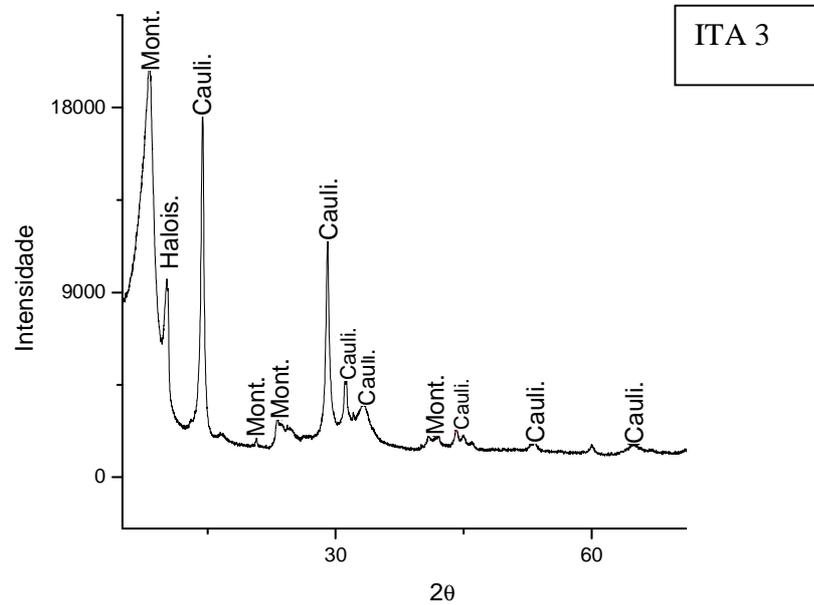
Figura 62 - Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila da Amostra ITA 4



Nota: Elétrons secundários. Cristais e agregados aparentemente caulínicos.

### 7.5 Amostra - ITA 3: Fácies *Lam*

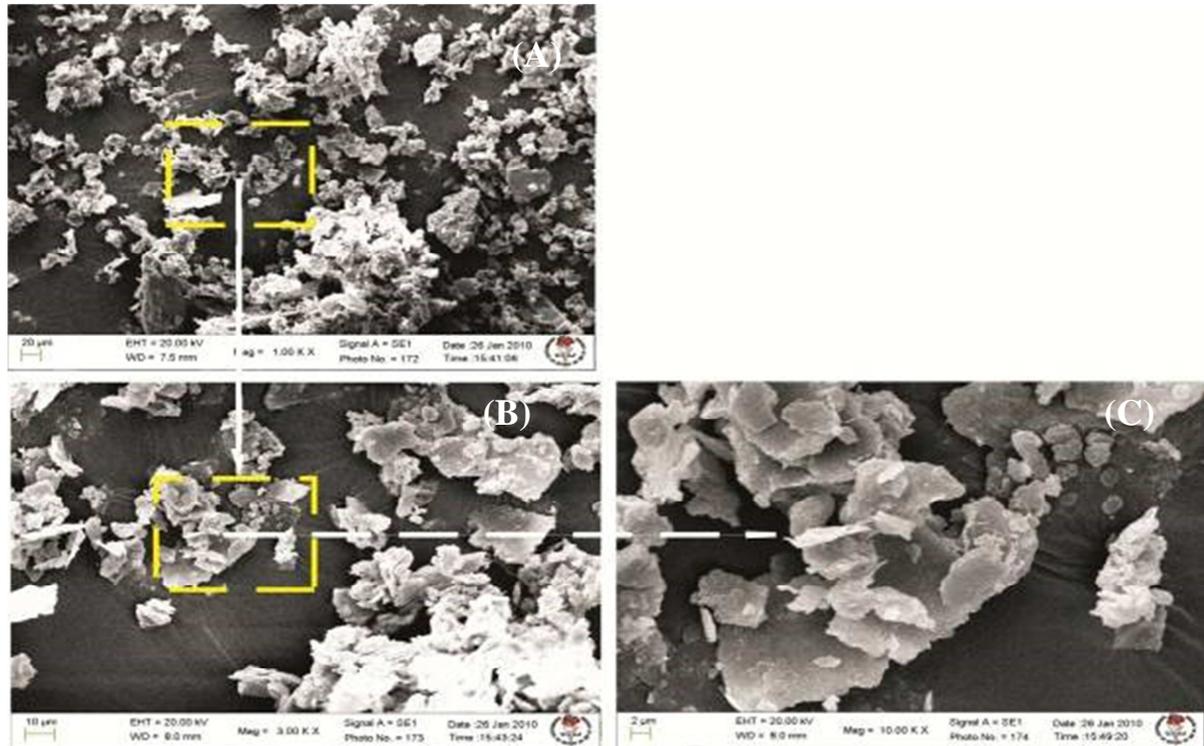
A composição mineralógica da fração argila da fácies *Lam* é caracterizada principalmente pelo predomínio dos argilominerais. A distribuição dos minerais de argila na Amostra ITA 3 está relacionada à ocorrência de picos  $2\theta$  constituídos por  $8,20^\circ$ ,  $10^\circ$ , e  $14,4^\circ$  apontando para a presença de montmorillonita e secundariamente caulinita. Além disso, a Amostra ITA 3, exibe secundariamente uma mineralogia formada por haloisita e quartzo (Figura 63).

Figura 63 - Difratoograma de raios X da amostra ITA 5. Co K $\alpha$  (35kV/40 mA).

Nota: Variada ocorrência dos minerais de argila, como montmorillonita, caulinita, além de quartzo na amostra.

As observações através de MEV indicam que a Amostra ITA 3 é constituída de agregados de grãos finos. O exame detalhado em microscópio eletrônico revela ainda que estas partículas são fundamentalmente constituídas por lamelas extremamente finas de contorno irregular típico da montmorillonita (Figura 64).

Figura 64 - Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração argila na Amostra ITA 4.2

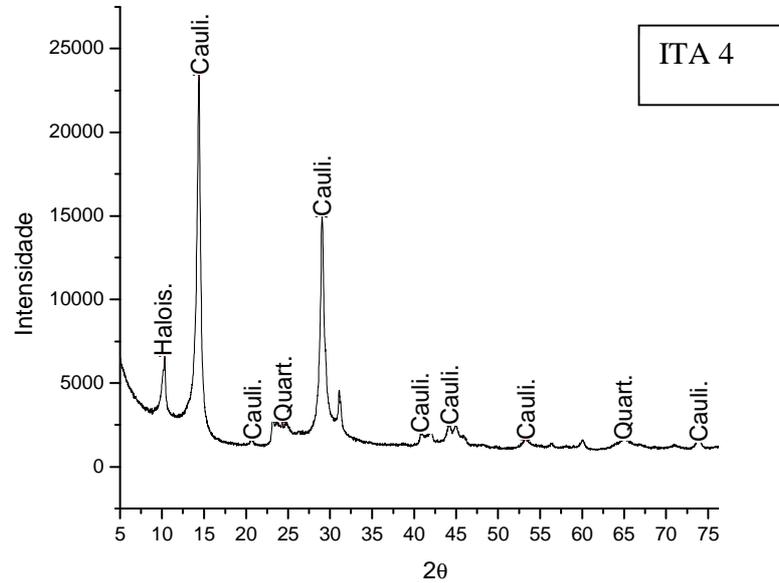


. Elétrons secundários; (A) Visão ampla da amostra; (B) Seleção de área para visualização mais detalhada da amostra e; (C) folhas de caulinita.

#### 7.6 Amostra – ITA 4: Fácies *Lam*

Esta fácies corresponde a lamito arenoso maciço e estrutura tabular. A fração argila contida na Amostra ITA 4 é constituída principalmente de caulinita, secundariamente, foi identificado pico de haloisita com  $10,32^\circ 2\theta$  e, quartzo na Amostra ITA 4.

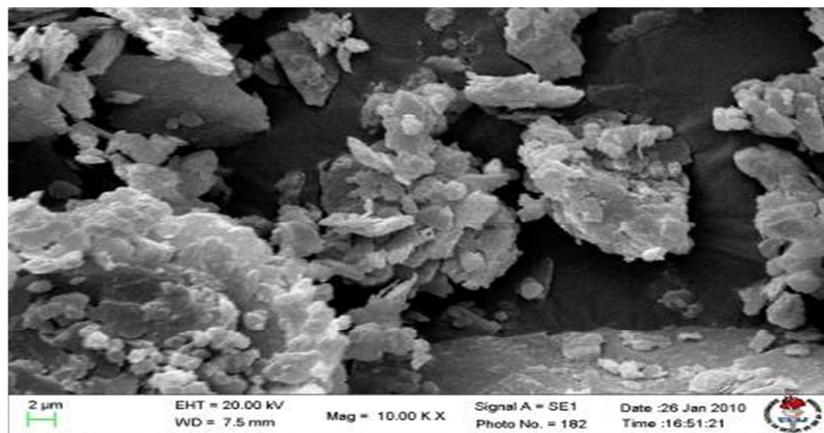
Figura 65 - Difratoograma de raios X da amostra ITA – 5. Co K $\alpha$  (35kV/40 mA).



Nota: Ocorrência de caulinita e haloisita seguida e secundariamente minerais de quartzo.

A predominância de caulinita na Amostra do ponto ITA 4 é verificada por uma estrutura semelhante à *books* dispostos em camadas de folhas morfologicamente empilhadas. A dimensão de grande parte destes grãos é  $< 2 \mu\text{m}$  ou apresentam-se agregados conforme se observa na figura 66.

Figura 66 - Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila na Amostra ITA 5

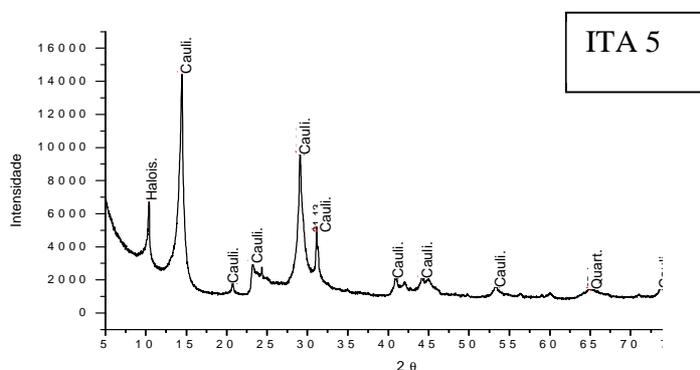


Nota: Elétrons secundários. Lâminas empilhadas e presença de caulinita

## 7.7 Amostra - ITA 5: Fácies *Aca*

A análise da fração argila nesta fácies, aponta para uma mineralogia caracterizada por exibir pico 2θ a 14,46° em difratômetro, indicando o predomínio do argilomineral do grupo da caulinita, posteriormente sucedido por minerais secundários de haloisita e quartzo.

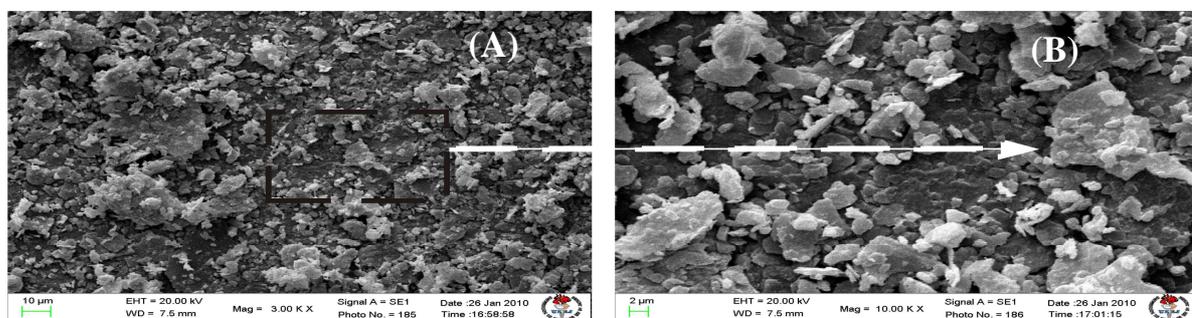
Figura 67 - Difratoograma de raios X da amostra ITA – 6.8. Co Kα (35kV/40 mA)



Nota: Picos agudos de 14, 46 e 29,08 indicativos de caulinita predominantemente na amostra sucedida por haloisita e quartzo.

Além disso, as imagens geradas por MEV destacam a elevada concentração da caulinita na Amostra ITA 5 sendo constituída por agregados e grãos menores que 2 μm.

Figura 68 - Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila na Amostra ITA 5

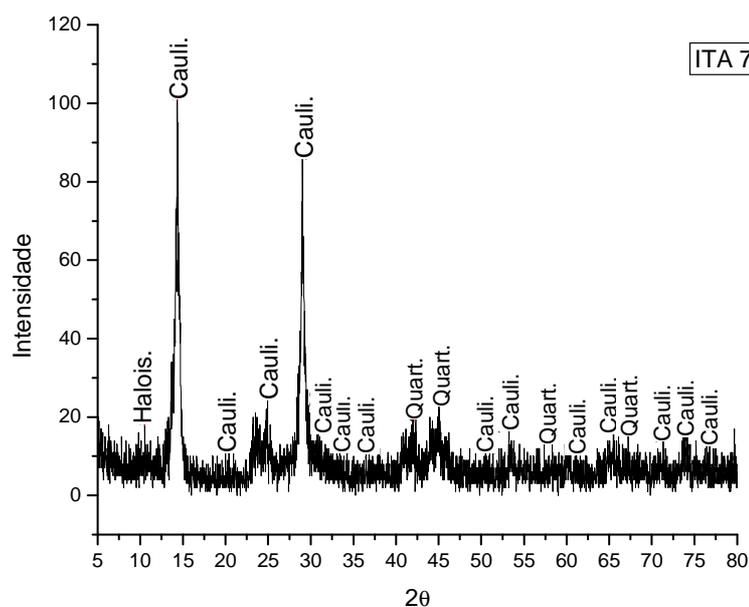


Nota: Elétrons secundários. (A) Panorama mais amplo da amostra; (B) Cristais de caulinita empilhados ou agregados de 4 a 6 μm em média.

### 7.8 Amostra ITA 6: Fácies Aca

A fácies compreende uma variada distribuição de minerais na fração argila. A análise de dr X possibilitou a identificação dos principais minerais da Amostra ITA 6. Assim, a caulinita pode ser caracterizada como mineral mais importante sendo representada principalmente por picos  $2\theta$  de  $14,34^\circ$  e  $29,94^\circ$ . Associada a caulinita, foram identificados minerais secundários como haloisita com ( $10,54^\circ$   $2\theta$ ). Além destes argilominerais observam-se minerais não-argilosos como quartzo (Figura 69).

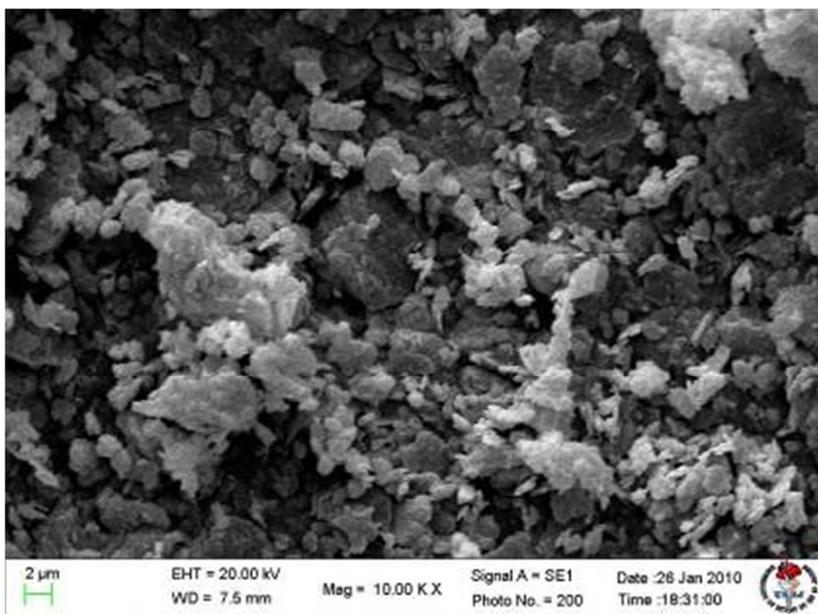
Figura 69 - Difratograma de raios X da amostra ITA 6. Co K $\alpha$  (35kV/40 m. A)



Nota: Identificação de argilominerais do grupo das caulinitas e haloisita.

A análise em microscópio eletrônico de varredura mostrou o predomínio da caulinita sob a forma de grãos microcristalinos de 1 a  $0,5 \mu\text{m}$  variavelmente reunidos em agregados de até  $8 \mu\text{m}$ .

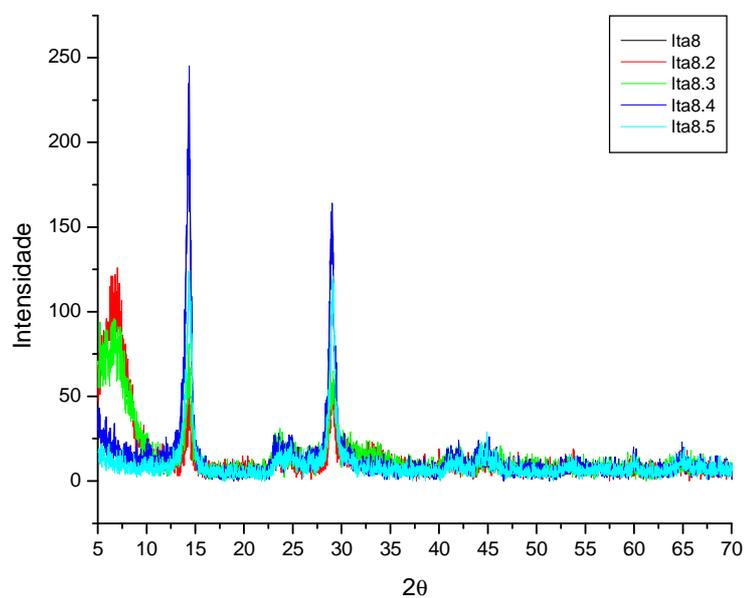
Figura 70 - Imagem obtida por Microscópio Eletrônico de Varredura da Amostra ITA 6.



Nota: Elétrons secundários. Microcristalinidade provavelmente indicativa da atuação dos minerais da caulinita evidentes na amostra

### 7.9 Amostra ITA 7

O afloramento do ponto ITA 7 conforme esclarecido no item 5.4, permitiu a construção de um perfil sedimentológico de aproximadamente 20 metros, reunindo dados importantes tanto para a descrição faciológica destes sedimentos, como na análise de difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura. A organização das fácies abaixo permite entender o comportamento mineralógico da fração argila dentro do perfil sedimentológico. De modo decrescente os minerais de argila, ou minerais a elas associadas, estão organizados da base para topo do afloramento, respeitando a posição da amostra naquela área e conseqüentemente da fácies ao longo do perfil. O estudo destes minerais por difração de raios X agrupou picos que correspondem às fases cristalinas de cada mineral verificando-se caulinita ( $\sim 14^\circ$  e  $29^\circ 2\theta$ ) e ascendente nas porções superiores do perfil sedimentológico foram observados argilominerais do grupo da montmorillonita (Figura 71).

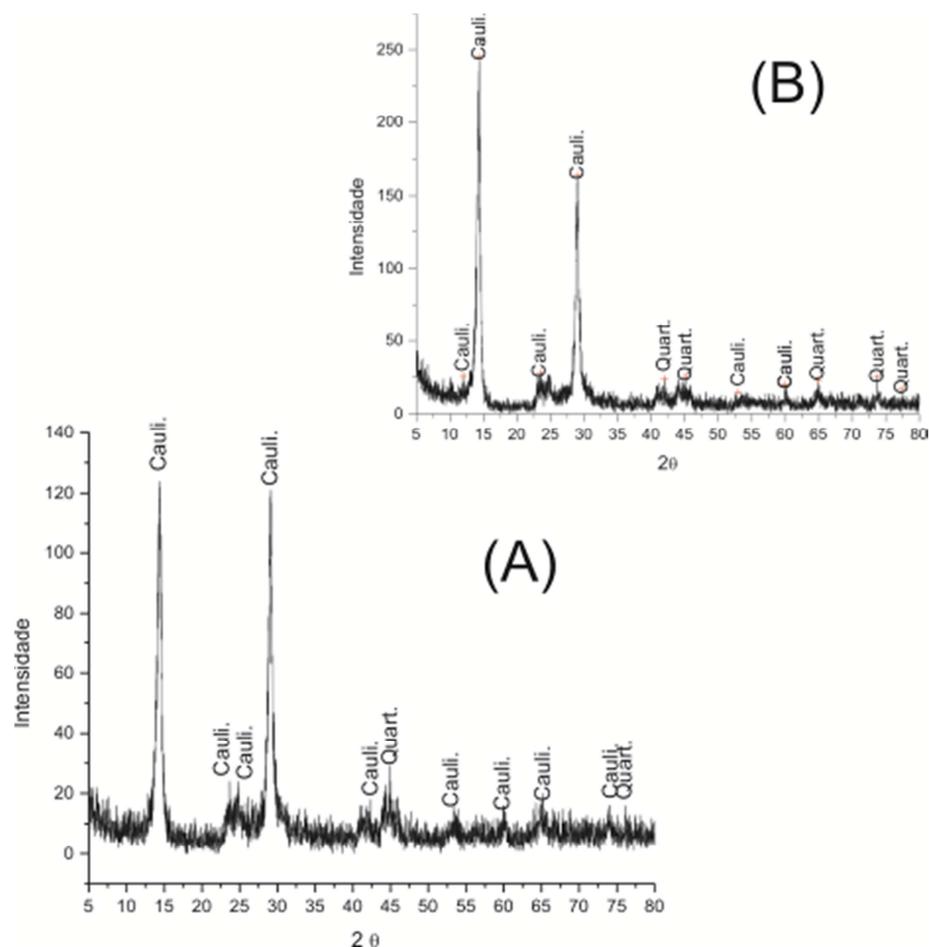
Figura 71 - Difratoograma de raios X das amostras do perfil ITA 7. Co K $\alpha$  (35kV/40 mA)

Nota: Tendência de minerais caulínicos na base do perfil.

#### 7.10 Amostras ITA 7.4 e ITA 7.5: Fácies *Lam*

Visualizados em detalhe os difratogramas da fração argila nestas amostras lamíticas (*Lam*) exibem caulinita predominante com picos  $2\theta$ , de  $\sim 14^\circ$  e  $29^\circ$  para as amostras ITA 7.4 e 7.5. A mineralogia característica do quartzo também é conhecida através da construção do difratograma para a Amostra lamítica apresenta picos  $2\theta$  de  $42,36^\circ$ ;  $44,92^\circ$  e  $65,18^\circ$  (Figura 72).

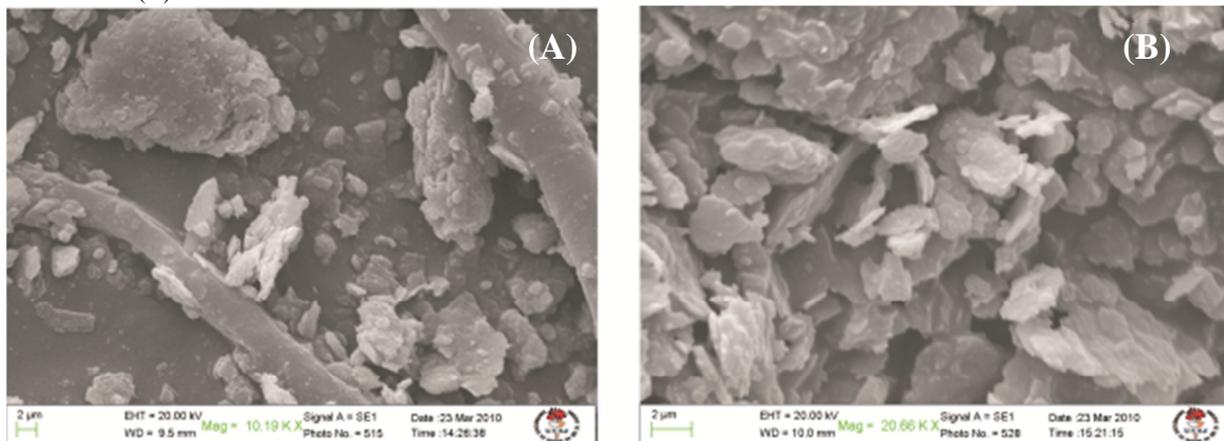
Figura 72 - Difratogramas de raios X das amostras de ITA 7. Co K $\alpha$  (35kV/40 mA)



Nota: (A) Exibição de uma mineralogia descritiva majoritariamente caulínica de ITA 7.4. (B) Minerais de principais de caulinita sucedidos por quartzo também em ITA 7.5.

Observada através de MEV, a amostra da fácies *Lam* está agrupada majoritariamente em microagregados. A amostra está organizada em partículas de grãos finos como lamelas morfológicamente empilhadas de aproximadamente  $3\mu\text{m}$  (Figura 73 A e B respectivamente).

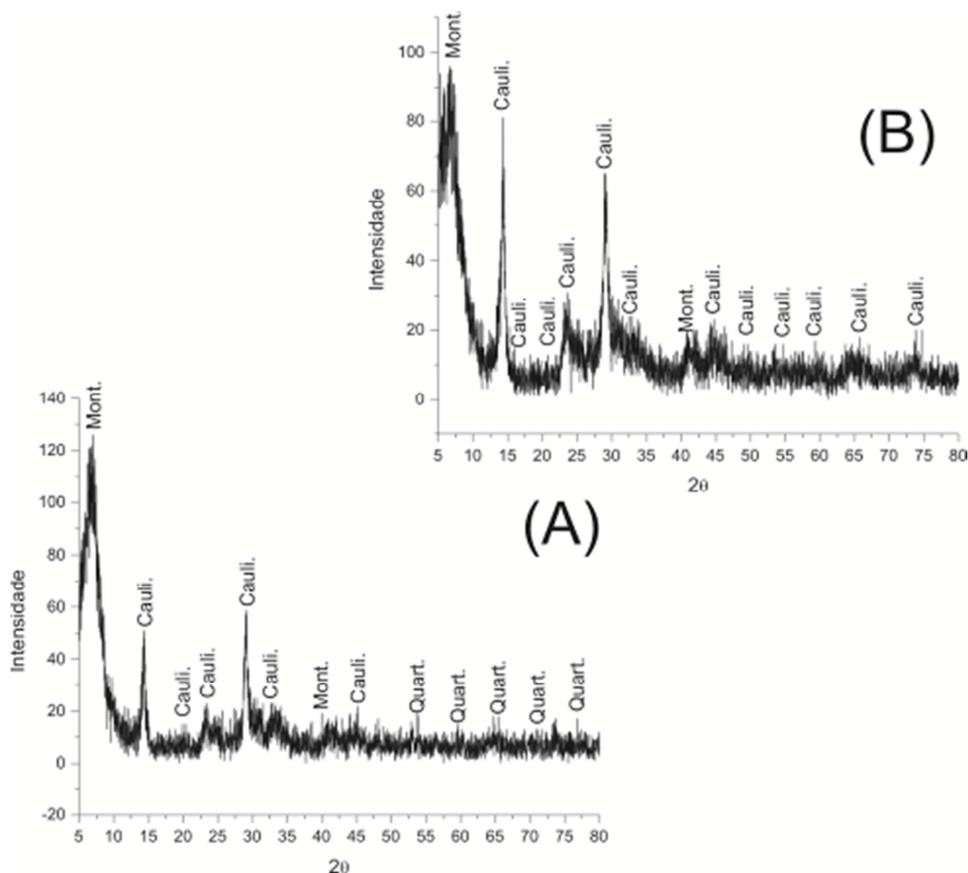
Figura 73 - Imagens obtidas por Microscópio Eletrônico de Varredura. Elétrons secundários. (A) Amostra ITA 7.5 e (B) Amostra ITA 7.4



#### 7.11 Amostras ITA 7.3 e ITA 7.2: Fácies *Lam* e *Aca*

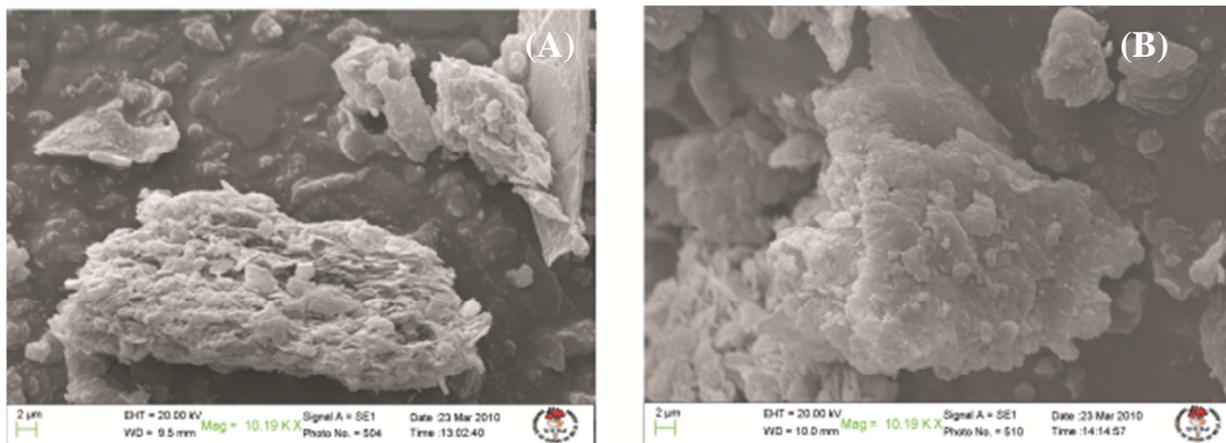
A análise por meio de difração de raios X da fração argila das fácies *Lam* e *Aca* (Amostras ITA 7.3 e ITA 7.2) apresentou montmorillonita com picos  $2\theta$  respectivo a  $7,04^\circ$  na amostra ITA 7.2 e  $7,12^\circ$  na Amostra ITA 7.3. A caulinita como mineral principal foi sucedida por quartzo secundariamente, nas duas amostras (Figura 74).

Figura 74 - Difratomogramas de raios X das amostras de ITA 7. Co K $\alpha$  (35kV/40 mA). (A) ITA 7.2 exibindo argilominerais de montmorillonita; (B) ITA 7.3, em ambos os casos foram identificados minerais de caulinita



Diferentemente das amostras de predomínio caulínítico situadas na base do perfil sedimentológico em ITA 7, as amostras próximas no topo do perfil (ITA 75 e ITA 76) apresentaram montmorillonita. Estes argilominerais correspondem à fração argila de *Lam 2* e *Aca* e caracterizam-se pela elevada frequência de agregados de contorno irregular e pela organização aparentemente ensanduichada dessas estruturas lamelares, permitindo que se identifique os argilominerais do grupo da montmorillonita, principalmente na amostra ITA 7.2 (Figura 75).

Figura 75 - Imagens obtidas por Microscópio Eletrônico de Varredura. Elétrons secundários. (A) Amostra ITA 7.2; e (B) Amostra ITA 7.3

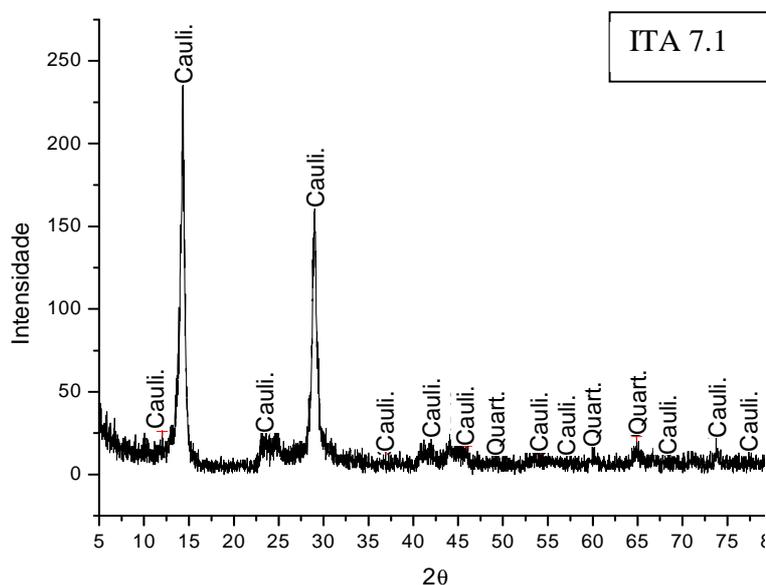


#### 7.12 Amostras 7.1: Fácies *Asm*

Esta fácies de arenito fino constitui o topo do perfil sedimentológico de ITA 7 e ao contrário das demais amostras para este perfil, não foi identificado a presença de montmorillonita em sua fração argila.

O predomínio de picos  $2\theta$  com  $14,38^\circ$  e  $29,02^\circ$  no difratograma reafirma o predomínio nesta amostra do grupo da caulinita. Dentre os minerais secundariamente visualizados entre os picos de caulinita estão os minerais de quartzo com  $2\theta$   $49,28^\circ$ ,  $59,94^\circ$  e  $64,9^\circ$ .

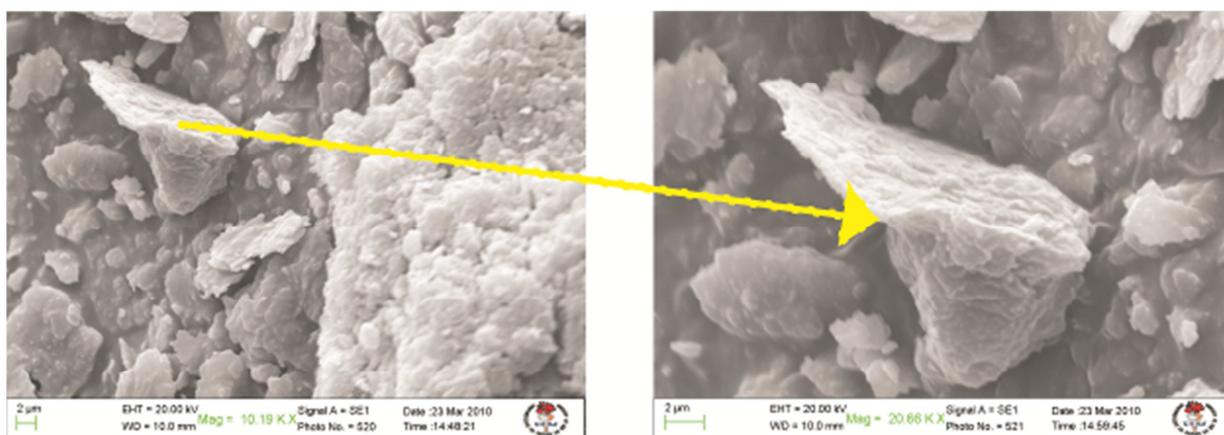
Figura 76 Difratoograma de raios X da amostra ITA 8.1 Co K $\alpha$  (35kV/40 mA)



Nota: Argilominerais de caulinita e haloisita em contraste as amostras do topo do afloramento

Por outro lado, quando visualizados em microscopia eletrônica de varredura, os minerais de argila correspondentes as caulinitas de *Asm*, apresentam palhetas sobrepostas ou distribuídas lateralmente. Esses grãos dimensionalmente pequenos de 2 a 4  $\mu\text{m}$ , podem estar agregados e alcançar 20  $\mu\text{m}$  aproximadamente (Figura 77).

Figura 77: Imagem obtida por Microscópio Eletrônico de Varredura da Amostra ITA 7.1



Nota: Elétrons secundários. Palhetas de argila sobrepostas ou distribuídas dispersamente na imagem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos tanto na análise sedimentológica como na aplicação da difração de raios X, e na microscopia eletrônica de varredura pode-se chegar às seguintes conclusões:

a) em termos texturais, os sedimentos que ocorrem na região de Itambí apresentaram bimodalidade ou polimodalidade com modas contínuas. Além disso, foram caracterizadas elevadas quantidades de assimetrias positiva e negativa, bem como constatou-se que as fácies analisadas caracterizam-se por uma baixa seleção granulométrica, indicando características de depósitos sub-maturos;

b) nas fácies aonde há o predomínio de assimetria positiva, ocorre um elevado percentual de sedimentos areno-argilosos a conglomeráticos (arenito fino a grosso, ocasionalmente muito grosso, com matriz) alcançando percentuais significativos de sedimentos rudáceos. Por outro lado, as assimetrias negativas elevadas estão relacionadas predominantemente às fácies argilo-sílticas (lamíticas) e argilo-arenosas (lamo-arenosas). A ocorrência de fácies caracterizadas por uma elevada concentração de componentes lamosos, como *Lam* e *Lal*, favorecem a extração mineral nestes depósitos apresentando características essenciais a utilização industrial como granulometria muito fina.

c) A partir da análise de fácies nos afloramentos estudados, foi possível caracterizar para os depósitos da Formação Macacu na área de Itambí seis fácies. Tais fácies foram agrupadas em quatro associações de fácies distintas, correlacionadas aos seguintes sistemas deposicionais:

### Associação A – Lacustre:

- Representada pelos depósitos, em geral tabulares de grande extensão lateral, de argilas esverdeadas incipientemente laminadas, com predomínio de montmorillonita. A ausência de dados de poços profundos não permite afirmar precisamente sobre a possível abrangência desses depósitos lacustres. Esta associação de fácies indicativa de sedimentação lacustre apresenta características distintas das camadas pelíticas também exploradas comercialmente na região,

como coloração esverdeada, estratificação laminada e principalmente montmorillonita.

#### Associação B – Leques Aluviais:

- Essa associação de fácies abarca depósitos arenosos, areno-conglomeráticos e pelíticos de ampla distribuição na área. Em muitas localidades, a distinção entre os depósitos de leque aluvial e de sistema fluvial entrelaçado não é tarefa simples. O critério utilizado na caracterização dos depósitos de leque aluvial foi à presença de fácies indicativas de depósitos de fluxos gravitacionais (dentre as mais frequentes na área destacando-se as fácies de lamito arenoso maciço),

#### Associação C – Depósitos fluviais entrelaçados;

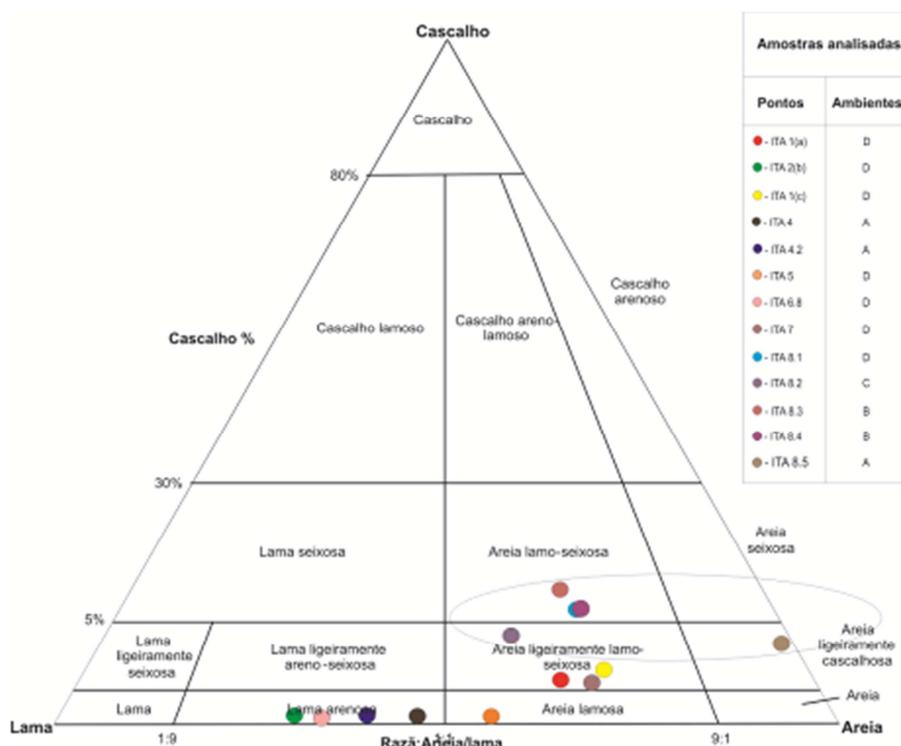
- Entre as características distintivas destes depósitos destacam-se: desenvolvimento de ciclos de empilhamento vertical granodecrescentes constituídos pelo predomínio de fácies de arenitos médios a grossos com estratificações cruzadas, acanalada e tabular; o frequente confinamento destas fácies em corpos de geometrias canalizadas de base erosiva, bem definidas (geometrias amplas e relativamente delgadas); a presença de estratos de menor porte no topo dos ciclos de afinamento.

#### Associação D – Depósitos fluviais entrelaçados, de regime torrencial, com deposição relativamente mais recente.

- São constituídos por sedimentos relativamente inconsolidados. Frequentemente capeiam a cobertura sedimentar em algumas porções da área. São caracterizados pelo predomínio de fácies de ortoconglomerado preenchendo geometrias canalizadas.

Texturalmente, as fácies identificadas e estudadas podem ser distribuídas no triângulo de Shepard (Figura 78). A análise do triângulo de granulometria permite correlacionar às fácies texturalmente mais finas a ambiente lacustre como as fácies lamíticas. As fácies correspondentes a ambiente de leques aluviais apresentaram uma granulometria areno-seixosa enquanto a fácies de canal fluvial entrelaçado apresentaram uma textura similar a de canal fluvial mais recente, prevalecendo nestas amostras uma reduzida concentração de componentes lamosos.

Figura 78: Distribuição granulométrica de todas as amostras na presente pesquisa relacionado-as aos ambientes identificados



Nota: Onde: A: Lacustre; B: Leques aluviais; C: Canal Fluvial Entrelaçado, e; D: Canal Fluvial Entrelaçado mais recente.

Sob o ponto de vista mineralógico, os argilominerais da região de Itambí mostram um amplo predomínio do grupo da caulinita e montmorillonita. A haloisita aparece também na ampla maioria das amostras, embora sempre em menores proporções em relação à caulinita. Em apenas quatro das treze amostras analisadas observou-se a presença de montmorillonita, coincidindo

nestes casos como o argilo mineral mais importante na Associação Lacustre nos Pontos 2 e 3 (Morada do Sol I e Morada do Sol II, respectivamente), e próximos aos estratos da porção superior do afloramento em ITA 7 exibindo argilas esverdeadas e laminadas economicamente importantes a indústria cerâmica.

O predomínio de montmorillonita nas fácies associadas aos depósitos de provável origem lacustre reveste-se de importância econômica já que as argilas extraídas desses estratos constituem um produto de qualidade superior no aproveitamento e transformação para o mercado cerâmico.

Tendo em vista que na indústria cerâmica processa-se a uma mistura das argilas de ambas as composições (caulinítica e montmorillonítica) recomenda-se um detalhamento dos estudos faciológicos desses depósitos visando a um mapeamento da distribuição espacial das associações de fácies lacustres cada vez mais escassas na região, e paralelamente subsidiar um melhor planejamento econômico desse recurso mineral. Isto pode ser viabilizado para a identificação de áreas potencialmente favoráveis à extração argilo mineral tendo em vista a melhoria da qualidade das argilas aplicando-lhes ensaios como caracterização granulométrica e identificação dos minerais presentes na fração argila conforme explícito na presente pesquisa.

Portanto, os parâmetros aplicados na presente pesquisa forneceram subsídios importantes tanto na identificação dos ambientes deposicionais atuantes na área estudada e, por outro lado, exibiram o predomínio de caulinita e em alguns casos montmorillonita. A identificação de montmorillonita foi apontada em fácies em que as áreas de lavra ainda estão ativas como nas fácies *Lal* e *Lam*. Fácies argilosas constituídas por minerais do grupo da montmorillonita e caulinita, associadas à presença de areia muito fina, constituem quesitos indispensáveis na utilização destes depósitos na indústria cerâmica, podendo ainda, caracterizar um produto com elevada plasticidade e, conseqüentemente, maior qualidade.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques & CARNEIRO, Celso Dal Ré. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, n. 28, (2), p. 135-150, jun, 1998
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques. The System of Continental Rifts Bordering: The Santos Basin. *Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 58 (suplemento), 1976, 15-26.
- AMADOR, Elmo da Silva. Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza. Rio de Janeiro: Reproarte, 1997. 539p.
- AMADOR, Elmo da Silva. Unidades Sedimentares Cenozóicas do Recôncavo da Baía de Guanabara (Folhas Petrópolis-Itaboraí), *Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.52, n.4, p. 744-761, 1980.
- BATEZELLI, Alessandro *et al.* Arquitetura Depositional e Evolução da Sequência Aluvial Neocretácea da Porção Setentrional da Bacia Bauru, no Sudeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, Vol. 37(1), p. 163-181, março de (2007). Arquivo digital Disponível em: <HTTP:// [www.sbgeo.org.br](http://www.sbgeo.org.br)>Acesso em: 5 dez. 2009.
- BLOTT, Simon 2000. Gradistat. Version 4. London: University of London-Department of Geology, 2000 (programa).
- BOURQUIN *et al.* Braided Rivers within an Arid Alluvial Plain (example from the Lower Triassic, western German Basin): Recognition Criteria and Expression of Stratigraphic Cycles. *The Journal of the International Associations of Sedimentology*. Vol. 56, p. 2235-2269, 2009.
- CABRAL JR., M.; SINTONI, A. e OBATA, O. R. (Coord.) (2005). *Minerais Industriais: orientação para regulação e implantação de empreendimentos*. In: LUZ, Benvindo Adão & LINS, Freitas Antônio Fernando. 2 Ed. – Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.
- CAMPOS, Maria da Glória de Carvalho. Causas Geográficas do Desenvolvimento das Olarias na Baixada da Guanabara. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, n 2, ano 17, p. 123-151, abr-jun, 1955.
- CARROLL, Dorothy. *Clay Minerals: a Guide Their X-ray Identification*. Edição Especial. Colorado: The Geological Society of America, 1970. 71p.
- COSTA, Fábio Oliveira & FERRARI, André. Luíz. Implicações na Análise Paleoambiental na Caracterização da Evolução Tectônica da Bacia do Macacu, Gráben da Guanabara, RJ e sua Influência na Deposição na Margem Continental Adjacente. *In: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS*, Salvador, Bahia. outubro de 2005, p. 1-6. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás: Copyright 2004, Instituto Brasileiro

de Petróleo e Gás – IBP. 2004. p. 1-6. Arquivo digital Disponível em: <[HTTP://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0338\\_05.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0338_05.pdf)> Acesso em: 8 set. 2009.

DALCOLMO, M. T.; FERRARI, A. L.; MELLO, E. F.; VAZ, M. A. A.; BRENNER, T. L.; SILVA, V. P. & NASSAR, W. M. 1982. Bloco Baía de Guanabara, Folhas: Itaboraí, Baía de Guanabara, Maricá e Saquarema. Relatório Final. GEOMITEC - DRM/RJ, Niterói.

DANA, James. Manual de Mineralogia; 1º ed. (versão traduzida por Cornelius S. Hurlbut, Jr., Rui Ribeiro Franco). São Paulo: LTC – Livros técnicos e científicos, 1984. 642p.

DEER, Willian. A. HOWIE Robert A. ZUSSMAN Jack. Minerais Constituintes das Rochas: Uma Introdução. 1º ed. Lisboa (versão Tradução de Luís E. Nabais Conde): Editora Fundação Calouste Gulbenkian, 1966. 558p.

DELLA FÁVERA, J. C. 2001. Fundamentos da estratigrafia moderna. Ed. UERJ. Rio de Janeiro. 264p.

DIAS, Alveirinho J. A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhas. Versão preliminar. Algarve: Faro Universidade do Algarve, 2004. 48 p. Arquivo digital Disponível em: <[HTTP:// w3.ualg.pt/~jldias/JAD/ebooks/Sedim/SedimD\\_ADG.pdf](http://w3.ualg.pt/~jldias/JAD/ebooks/Sedim/SedimD_ADG.pdf)> Acesso em: 30 out. 2009.

DRM-RJ. Diretrizes Públicas para uma Mineração Sustentável. Estado do Rio de Janeiro. Convênio MME/SEM, 2006. p. 160-180, n. 2. 4º Relatório Trimestral final. Rua Marechal Deodoro, centro Niterói, RJ.

FERRARI, André Luiz. 2001. Evolução Tectônica do *Gráben* da Guanabara. 412 f. Tese (Doutorado em Geociências) -. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FERREIRA, Ulisses Vieira da Silva. Interação de Aminas Aromáticas e Alifáticas com Argilominerais – Isotermas e Calorimetria. 2008. 69p. Dissertação de Mestrado em Química – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

FOLK, R.L., 1974, Petrology of sedimentary rocks: Austin, Texas, Hemphill Publishing, 184 p

GAIDZINSKI, Roberta. FILHO, Jamil Duailibi. TAVARES, Luís Marcelo Marques. Sazonamento e Homogeneização de Argilas em Pilhas. Cerâmica Industrial, Rio de Janeiro, n. 10, v.5/6, p. 19-22, set./dez. 2002. <[HTTP://teses.ufrj.br/COPPE\\_D/RobertaGaidzinski.pd](http://teses.ufrj.br/COPPE_D/RobertaGaidzinski.pd)> Acesso em: 17 set. 2009.

GONÇALVES, Ricardo Luíz Mendonça. Definição da Espessura do Pacote Sedimentar de Estruturas Geológicas Através do Modelamento de Mapas e Perfis Magnéticos na Região de Itambí, Bacia do Macacu, RJ. 70 f. (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

- GRECA, Maria Conceição Grega. Estudos Geoquímicos de Sedimentos do Grupo Barreiras, Região de Itaboraí-RJ. *In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA*, 1986, Rio de Janeiro. Estudos geoquímicos de sed. Rio de Janeiro: Out, p. 245-254.
- HARTT, C.F.S. *Geology and Physical Geography of Brazil*. Fields Osgood, 1870. 620 p.
- HASUI, Y. & PONÇANO, W.L. 1978. Organização Estrutural e Evolução na Bacia de Taubaté. *In: 30º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, Recife, Anais, 1: 368-381.
- LIMA, Murilo. Rodolfo de. JUNIOR, Marsis. Cabral. STEFANI, Fausto. Luis. Palinologia de Sedimentos da Formação Macacu, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, São Paulo, v. 68, n 4, p. 531-541, abr, 1996.
- MEIS, Maria Regina Mousinho. & AMADOR Elmo da Silva. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 44, n. p. 3-4, 1972.
- MEIS, Maria Regina Mousinho. & AMADOR Elmo da Silva. Note on Weathered Arkosic Beds. *Journal of Petrology*, v. 44, n. 3, p. 727-737, set. 1974.
- MEIS, Maria Regina Mousinho. & AMADOR, Elmo da Silva. Contribuição ao estudo do Neocenoico da Baixada da Guanabara: Formação Macacu. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 7, n 2, p. 124-150, 1977.
- MELO Mário Sérgio de. RICCOMINI, Cláudio, HASUI, Yociteru. ALMEIDA, Fernando Flávio Marques. COIMBRA, Armando Márcio. *Geologia e Evolução do Sistema de Bacias Tafrogênicas Continentais do Sudeste do Brasil*. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 15. N. 3, p. 193-201, set, 1985.
- MIALL, Andrew D. Architectural-Element Analysis: a New Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. *Earth-science Reviews*, 22, 261-308, 1985.
- MIALL, D. Andrew. Alluvial Deposits. *In: WALKER, G. Roger & JAMES, P. Noel. Facies Models: Response to Sea Level Change*, Toronto-Ontario, 1992, p.1-14.
- MURRAY, Haydn H. *Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite, and Common Clays*. *Developments in Clay Science*, 2. Bloomington, Indiana, U.S.A.: Elsevier, 2007. 179p.
- NICHOLS J. G. & FISHER, A. J. Process, Facies and Architecture of Fluvial Distributary System. Deposits. Elsevier. Science Direct. *Sedimentary Geology*, University of London, vol. 20, N° 60, p.1-16, 2006. <HTTP:// sciencedirect.com> Acesso em: 13 nov. 2009.
- POSTEK, Michael T. *et al.* 1980. *Scanning Electron Microscopy: A Student's Handbook*. Ladd Research Industries, 1980, 305p.
- RIBEIRO, Severiano Hélio. Jorge. P. *Estratigrafia de Sequências: Fundamentos e Aplicações*. São Leopoldo, RS: Editora Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2001.

- 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.; Carneiro, C.D.R.; *et al.* (eds), *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, 1 ed., cap. 23, São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda, 2004. 613p.
- RICCOMINI, Cláudio. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. 256 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, São Paulo, 1989.
- RUST, R. Brian & GIBLING, R. Martin. Braidplain evolution in the Pennsylvanian South Bar Formation, Sydney Basin, Nova Scotia, Canada. *Journal Of Sedimentology Research*. Vol. 60, 1990.
- SELLEY, C. Richard. *Ancient Sedimentary Environments and their sub-surface diagnosis*, Capmam & Hall: London, 4<sup>o</sup>ed, 1996.
- WALKER, G. Roger. *Fácies, Fácies Models and Modern Stratigraphic Concepts*. *In*: WALKER, G. Roger & JAMES, P. Noel. *Facies Models: Response to Sea Level Change: Geological Association of Canadá*, Toronto, Ontario, 1992, p.1-14.
- ZALAN, Pedro. Victor. & OLIVEIRA, João Alberto Bach de. *Origem e Evolução Estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil*. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v 13, n<sup>o</sup> 2, p. 269-300, mai-nov, 2005
- ZANÃO Rodrigo; CASTRO, Carneiro Joel; SAAD, Roberto Antônio. *Caracterização Geométrica de um Sistema Fluvial, Formação Itaquaquecetuba, Terciário da Bacia de São Paulo*. *Revista Geociências*. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Vol. 25, n<sup>o</sup> 23, p. 307-315. <[HTTP:// petro.rc.unesp.br/revistageociencias/25\\_3/4.pdf](http://petro.rc.unesp.br/revistageociencias/25_3/4.pdf) >Acesso em: 12 nov. 2009.

**ANEXO A - Fotografias Obtidas por Lupa Binocular**

ITA 8.4 areia fina



ITA 8.4 areia grossa



ITA 8.4 Areia muito fina



ITA 8.4 Areia muito grossa



ITA 8.4 Areia média.

