

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS

ARGILAS DA REGIÃO DE BOA VISTA – RORAIMA:
MINERALOGIA, GEOQUÍMICA E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA

SILVIO ROBERTO LOPES RIKER

Manaus
2005

SILVIO ROBERTO LOPES RIKER

**ARGILAS DA REGIÃO DE BOA VISTA – RORAIMA:
MINERALOGIA, GEOQUÍMICA E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geociências. Área de concentração: Geologia Regional.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. ADRIANA MARIA COIMBRA HORBE

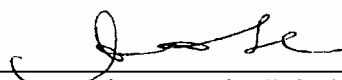
Manaus
2005

SILVIO ROBERTO RIKER


**ARGILAS DA REGIÃO DE BOA VISTA – RORAIMA:
MINERALOGIA, GEOQUÍMICA E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação do departamento de Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geociências. Área de concentração: Geologia Regional.

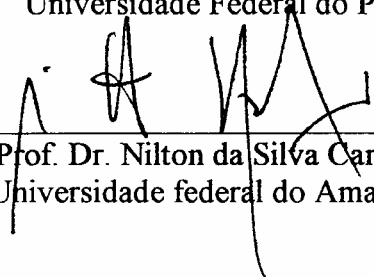
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Adriana Maria Coimbra Horbe
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Romulo Simões Angélica
Universidade Federal do Pará



Prof. Dr. Nilton da Silva Campelo
Universidade federal do Amazonas

Manaus
2005

Aos meus filhos Jimmy e Isadora

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus por me conceder todos os instrumentos necessários para realização desta obra.

Agradeço à Diretoria Executiva do Serviço Geológico do Brasil, na pessoa de seu presidente, Dr. Agamenon Sérgio Lucas Dantas, por me ter concedido esta oportunidade para realizar este trabalho.

À minha orientadora, Prof^a. Adriana Maria Coimbra Horbe, agradeço por ter aceitado o projeto de pesquisa por mim apresentado e que compõe esta dissertação. Agradeço também pelas orientações devidas, pelas discussões e críticas no desenvolvimento do projeto e pela confiança.

Ao ex-superintendente da SUREG-MA, CPRM, Dr. Fernando Pereira de Carvalho e ao atual, Dr. Daniel Borges Nava, agradeço por todo o apoio que me foi concedido por esta superintendência.

Agradeço também aos colegas da CPRM (SUREG-MA):

- Miguel Martins e João Orestes (ex) por terem me recomendado à UFAM para o curso de mestrado;
- Miguel Arcanjo e Luiz Rodrigues pela execução das sondagens e apoio nos trabalhos de campo durante a pesquisa de argila em Roraima;
- Nelson Reis, Marco Oliveira e Mário Sérgio (GEREMI, GEHITE e GERIDE, respectivamente) por todo apoio recebido dessas gerências;
- Amaro Ferreira pela cooperação no tratamento de imagens e editoração de mapas;
- Renê Luzardo pelo apoio na petrografia e pelas críticas;
- Maria Tereza Dias e Arlindo pela ajuda na confecção de figuras, tabelas e mapas;
- João Almeida, Oscar e Vianeira pelo apoio no tratamento das amostras e confecção de lâminas para estudos petrográficos.

Meus agradecimentos vão também para:

- Dr^a. Célia Maria da Silva, paleontóloga do LAMIN (CPRM – RJ), pelo apoio nos estudos palinológicos;
- Dr. Hilton Túlio Costi, do Museu Paraense Emílio Goeldi, pelas aulas de MEV recebidas;

- Dr. Werner Truckenbrodt, professor da Universidade Federal do Pará, por ter permitido fotografar as lâminas petrográficas em seu laboratório e pelas aulas sobre “argilas” recebidas;
- Dr. Rômulo Simões Angélica, professor da Universidade Federal do Pará, pelas aulas de DRX recebidas;
- Dr^a.Tânia Pimentel e Orlando Cruz, do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, pela cooperação nos estudos granulométricos e aos colegas
- Aroldo Aragão, Marcelo Motta, Débora Collyer, Sanclever Peixoto e Fernanda Simplício, todos da UFAM, por toda cooperação que me foi prestada.

“ Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”. Chico Mendes

SUMÁRIO

RESUMO	xvii
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
2. ESTADO DA ARTE	2
3. OBJETIVOS	8
4. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	9
5. MATERIAIS E MÉTODOS	11
5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	11
5.2 AMOSTRAS ANALISADAS	11
5.3 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS	13
5.4 ANÁLISES MINERALÓGICAS	14
5.4.1 Difração de Raios – X	14
5.4.2 Microscopia Ótica	16
5.4.2.1 Microscópio estereoscópico	16
5.4.2.2 Microscópio petrográfico	16
5.4.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	17
5.5 ANÁLISES QUÍMICAS	18
5.6 ANÁLISES PALINOLÓGICAS	18
5.7 DATAÇÃO GEOCRONOLÓGICA PELO MÉTODO ¹⁴ C	19
5.8 TESTES TECNOLÓGICOS	19
5.8.1 Testes para Verificação da Aplicabilidade das Argilas na Indústria da Cerâmica Branca	19
5.8.2 Testes Específicos para Tijolos e Telhas	20
6. CONTEXTO GEOLÓGICO	23
6.1 SÍNTESE DA GEOLOGIA REGIONAL	23

6.2 GEOLOGIA LOCAL	24
6.2.1 Grupo Cauarane (PPgc)	24
6.2.2 Suite Metamórfica Rio Urubu (PPru)	27
6.2.3 Suite Intrusiva Serra da Prata (MPsp)	27
6.2.4 Suite Intrusiva Mucajai (MPm)	28
6.2.5 Complexo Vulcânico Apoteri (Jap)	29
6.2.6 Formação Serra do Tucano (Kst)	30
6.2.7 Formação Boa Vista (Tbv)	31
6.2.8 Formação Areias Brancas (Qab)	32
6.2.9 Aluviões Modernos (Qa)	32
7. RESULTADOS OBTIDOS	34
7.1 FAZENDA SANTA CECÍLIA (ÁREA 1)	34
7.1.1 Caracterização Litológica	34
7.1.2 Caracterização Granulométrica	34
7.1.3 Caracterização Mineralógica	34
7.1.4 Caracterização Química	40
7.2 FAZENDA BRASILÂNDIA (ÁREA 2)	73
7.2.1 Caracterização Litológica	73
7.2.2 Caracterização Granulométrica	73
7.2.3 Caracterização Mineralógica	73
7.2.4 Caracterização Química	78
7.3 FORMAÇÃO BOA VISTA	100
7.3.1 Caracterização Litológica	100
7.3.2 Caracterização Granulométrica	100
7.3.3 Caracterização Mineralógica	100
7.3.4 Caracterização Química	103
7.4 ARGILAS DERIVADAS DO COMPLEXO VULCÂNICO APOTERI	119

7.4.1	Caracterização Litológica	119
7.4.2	Caracterização Granulométrica	119
7.4.3	Caracterização Mineralógica	119
7.4.4	Caracterização Química	122
7.5	ARGILAS DA ALUVIÃO DO RIO QUITAUAU	131
7.5.1	Caracterização Litológica	131
7.5.2	Caracterização Granulométrica	131
7.5.3	Caracterização Mineralógica	131
7.5.4	Caracterização Química	132
7.6	ASPECTOS COMPARATIVOS DAS ARGILAS DA REGIÃO DE BOA VISTA	141
8.	RESULTADO DOS ESTUDOS PALINOLÓGICOS	150
8.1	PALINOLOGIA DO DEPÓSITO DA FAZENDA SANTA CECÍLIA E DATAÇÃO DO ¹⁴ C	150
8.2	PALINOLOGIA DA ALUVIÃO DO RIO QUITAUAU	151
9.	RESULTADO DOS TESTES TECNOLÓGICOS	157
9.1	TESTES PARA VERIFICAÇÃO DA APLICABILIDADE NA INDÚSTRIA DA CERÂMICA BRANCA	157
9.2	TESTES ESPECÍFICOS PARA TIJOLOS E TELHAS	157
9.2.1	Argilas da Fazenda Santa Cecília	157
9.2.2	Argilas da Fazenda Brasilândia	158
9.2.3	Argilas da Aluvião do Rio Quitauau	158
9.2.4	Grauvacas intemperizadas da Formação Boa Vista	159
9.3	ESTUDOS GRANULOMÉTRICOS VERSUS PRODUTOS OBTIDOS NOS TESTES ESPECÍFICOS PARA TIJOLOS E TELHAS	159
9.4	QUIMISMO VERSUS PRODUTOS OBTIDOS NOS TESTES ESPECÍFICOS PARA TIJOLOS E TELHAS	161
10.	CONCLUSÕES	171
10.1	DEPÓSITO DA FAZENDA SANTA CECÍLIA	171
10.2	DEPÓSITO DA FAZENDA BRASILÂNDIA	172

10.3	FORMAÇÃO BOA VISTA	173
10.4	ARGILAS DERIVADAS DO COMPLEXO VULCÂNICO APOTERI	173
10.5	SEDIMENTOS ARGILOSOS DA ALUVIÃO DO RIO QUITAUAU	174
10.6	SEDIMENTOS ARGILOSOS DA REGIÃO DE BOA VISTA	174
10.7	PALINOLOGIA E DATAÇÃO DO ¹⁴ C	175
10.8	GRANULOMETRIA E QUIMISMO VERSUS PRODUTOS DA CERÂMICA VERMELHA	175
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	176

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 - (a) Tetraedro SiO ₄ isolado e (b) Estrutura em folha dos tetraedros dispostos em uma rede hexagonal	4
FIGURA 2.2 - (a) Unidade octaédrica isolada e (b) Folhas de unidades octaédricas	4
FIGURA 2.3 - Projeções sobre [001], [100] e [010] da camada 1:1	5
FIGURA 2.4 - Projeções sobre [001], [100] e [010] da camada 2:1	5
FIGURA 4.1 - Mapa de localização	9
FIGURA 4.2 - Imagem TM – LANDSAT – 7, cena 232/58 de 15/02/2001 com as sondagens executadas	10
FIGURA 6.1 - Mapa geológico simplificado do Escudo das Guianas	23
FIGURA 6.2 - Mapa geológico esquemático da área do PROJETO RORAIMA CENTRAL	24
FIGURA 6.3 - Mapa geológico da área estudada	25
FIGURA 7.1 - Perfis litológicos de 22 furos efetuados na Fazenda Santa Cecília	43
FIGURA 7.2 - Diagrama argila/silte/areia dos sedimentos da Fazenda Santa Cecília	45
FIGURA 7.3 - Difratogramas da amostra SR-L-04 (Fazenda Santa Cecília)	49
FIGURA 7.4 - Difratogramas de 9 amostras da Fazenda Santa Cecília mostrando o comportamento das reflexões da caulinita na faixa onde é determinado o Índice de Hinckley	50
FIGURA 7.5 - Difratogramas da amostra SR-L-09 (Fazenda Santa Cecília)	53
FIGURA 7.6 - Difratogramas da amostra SR-L-37 (Fazenda Santa Cecília)	55
FIGURA 7.7 - Difratogramas da amostra SR-L-40 (Fazenda Santa Cecília)	56
FIGURA 7.8 - Difratogramas da amostra SR-L-26 (Fazenda Santa Cecília)	57
FIGURA 7.9 - Fotomicrografias da amostra SR-L-06 (Fazenda Santa Cecília)	60
FIGURA 7.10 - Fotomicrografias da amostra SR-L-07 (Fazenda Santa Cecília)	61
FIGURA 7.11 - Fotomicrografias da amostra SR-L-07 (Fazenda Santa Cecília)	62
FIGURA 7.12 - Fotomicrografias da amostra SR-L-07 (Fazenda Santa Cecília)	63
FIGURA 7.13 - Fotomicrografia da amostra SR-L-33 (Fazenda Santa Cecília)	64
FIGURA 7.14 - Imagens de MEV da amostra SR-L-04	65
FIGURA 7.15 - Imagens de MEV da amostra SR-L-09	66

FIGURA 7.16 - Imagens de MEV da amostra SR-L-37	67
FIGURA 7.17 - Distribuição dos elementos traços no depósito de Santa Cecília	70
FIGURA 7.18A - Sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília com plot no campo das caulinitas no diagrama ternário de BOURMAN e OLLIER (2002)	72
FIGURA 7.18B - Caracterização litológica dos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília com base na classificação de arenitos e folhelhos terrigenos através do diagrama de HERRON (1988)	72
FIGURA 7.18C - Sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília, cujas amostras plotam no campo da “fraca lateritização” no diagrama ternário $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SCHELLMANN (1983)	72
FIGURA 7.19 - Perfis litológicos de 10 furos efetuados na Fazenda Brasilândia	81
FIGURA 7.20 - Diagrama ternário argila/silte/areia relacionados aos sedimentos da Fazenda Brasilândia	82
FIGURA 7.21 - Difractogramas da amostra SR-L-49 (Fazenda Brasilândia)	83
FIGURA 7.22 - Difractogramas das amostras da Fazenda Brasilândia mostrando o comportamento das reflexões da caulinita onde é determinado o Índice de Hinckley	85
FIGURA 7.23 - Difractogramas da amostra SR-L-53 (Fazenda Brasilândia)	87
FIGURA 7.24 - Difractogramas da amostra SR-L-59 (Fazenda Brasilândia)	88
FIGURA 7.25 - Difractogramas da amostra SR-L-56 (Fazenda Brasilândia)	89
FIGURA 7.26 - Fotomicrografias das amostras SR-L-47 e SR-L-49 (Fazenda Brasilândia)	92
FIGURA 7.27- Fotomicrografia da amostra SR-L-61 (Fazenda Brasilândia)	93
FIGURA 7.28 - Fotomicrografias da amostra SR-L-67 (Fazenda Brasilândia)	94
FIGURA 7.29 - Fotomicrografias da amostra SR-L-67 (Fazenda Brasilândia)	95
FIGURA 7.30 - Imagens de MEV da amostra SR-L-53 com seus respectivos EDS	96
FIGURA 7.31 - Distribuição dos elementos traços no depósito da Fazenda Brasilândia	98
FIGURA 7.32A - Sedimentos da Fazenda Brasilândia com plot no campo das caulinitas no diagrama ternário de BOURMAN e OLLIER (2002)	99
FIGURA 7.32B - Caracterização litológica dos sedimentos da Fazenda Brasilândia como Fe-Folhelhos, baseada na classificação de arenitos e folhelhos terrigenos através do diagrama $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de HERRON (1988)	99
FIGURA 7.32C – Sedimentos da Fazenda Brasilândia, cujas amostras plotam preferencialmente no campo da “fraca lateritização” no diagrama ternário de SCHELLMANN (1983)	99

FIGURA 7.33 - Perfis litológicos de 5 furos efetuados na Formação Boa Vista	105
FIGURA 7.34 - Comportamento das grauvas da Formação Boa Vista no diagrama ternário argila/silte/areia	106
FIGURA 7.35 - Difractogramas da amostra SR-L-01 (Formação Boa Vista)	107
FIGURA 7.36 - Difractogramas das amostras da Formação Boa Vista mostrando o comportamento das reflexões da caulinita onde é determinado o Índice de Hinckley	109
FIGURA 7.37 - Fotomicrografias da amostra SR-L-01 (Formação Boa Vista)	111
FIGURA 7.38 - Fotomicrografias da amostra SR-L-63 (Formação Boa Vista)	112
FIGURA 7.39 - Fotomicrografias da amostra SR-L-73 (Formação Boa Vista)	113
FIGURA 7.40 - Fotomicrografias da amostra SR-L-75 (Formação Boa Vista)	114
FIGURA 7.41 - Imagens de MEV da amostra SR-L-01 com seus respectivos EDS	115
FIGURA 7.42 - Distribuição dos elementos traços na Formação Boa Vista	117
FIGURA 7.43A - Grauvas da Formação Boa Vista com plot no campo das caulinitas no diagrama ternário de BOURMAN e OLLIER (2002)	118
FIGURA 7.43B - Caracterização litológica das rochas da Formação Boa Vista como Fe-Folhelhos e Fe-Areia, baseada na classificação de HERRON (1988)	118
FIGURA 7.43C - Grauvas intemperizadas da Formação Boa Vista com plot das amostras nos campos da “caulinização” e da “fraca lateritização” no diagrama de SCHELLMANN (1983)	118
FIGURA 7.44 - Perfil litológico do furo F-22 (argila derivada do Complexo Vulcânico Apoteri)	123
FIGURA 7.45 - Diagrama ternário argila/silte/areia referente aos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri	123
FIGURA 7.46 - Difractogramas da amostra SR-L-22 (Complexo Vulcânico Apoteri)	124
FIGURA 7.47 - Difractograma da amostra SR-L-22 para verificação da reflexão da montmorilonita no plano 060	125
FIGURA 7.48 - Fotomicrografias da amostra SR-L-22 (Complexo Vulcânico Apoteri)	126
FIGURA 7.49 - Imagens de MEV da amostra SR-L-22 com seus respectivos EDS	127
FIGURA 7.50 - Elementos traços da argilas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri (SR-L-22)	129
FIGURA 7.51A - Caracterização litológica dos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri em Fe-Folhelhos, baseada na classificação de arenitos e folhelhos terrígenos através do diagrama de HERRON (1988)	130

FIGURA 7.51B - Sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri com plot no campo da “fraca lateritização” no diagrama ternário de SCHELLMANN (1983)	130
FIGURA 7.52 - Perfil litológico do furo F-25 (Aluvião do Rio Quitauaú)	134
FIGURA 7.53 - Diagrama ternário argila/silte/areia dos sedimentos da aluvião do rio Quitauaú	134
FIGURA 7.54 - Difratograma da amostra SR-L-25 (aluvião do rio Quitauaú)	135
FIGURA 7.55 - Difratograma da amostra SR-L-25 mostrando o comportamento da caulinita na faixa onde é determinado o Índice de Hinckley	135
FIGURA 7.56 - Fotomicrografia da amostra SR-L-25	136
FIGURA 7.57 -Imagens de MEV da amostra SR-L-25 com seus respectivos EDS	137
FIGURA 7.58 - Elementos traços da aluvião do rio Quitauaú	139
FIGURA 7.59A - Argila da aluvião do rio Quitauaú com plot no campo das caulinitas no diagrama ternário de BOURMAN e OLLIER (2002)	140
FIGURA 7.59B - Caracterização litológica dos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauaú como Fe-Folhelhos baseada na classificação de HERRON (1988)	140
FIGURA 7.59C - Sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauaú com plot no campo da “fraca lateritização” no diagrama ternário de SCHELLMANN (1983)	140
FIGURA 7.60 - Diagrama ternário argila/silte/areia dos sedimentos da região de Boa Vista	144
FIGURA 7.61 - Elementos traços dos sedimentos da região de Boa Vista	147
FIGURA 7.62A – Sedimentos da região de Boa Vista com plot no diagrama de BOURMAN e OLLIER (2002)	148
FIGURA 7.62B - Sedimentos da região de Boa Vista com plot no campo dos folhelhos, Fe-folhelhos e Fe-areia baseado no diagrama de HERRON (1988)	148
FIGURA 7.62C - Sedimentos da região de Boa Vista com plot no campo da “fraca lateritização” e “caulinização” no diagrama de SCHELLMANN (1983)	148
FIGURA 7.63A - Diagrama mostrando correlação negativa de SiO_2 e Al_2O_3 , onde é verificado o incremento de SiO_2 e empobrecimento de Al_2O_3 no sentido dos depósitos de Santa Cecília e aluvião do rio Quitauaú para os depósitos da Fazenda Brasilândia e Formação Boa Vista	149
FIGURA 7.63B - Diagrama $\text{TiO}_2/\text{MgO}/\text{K}_2\text{O}$, indicando enriquecimento de TiO_2 e empobrecimento de K_2O no sentido do depósito de Santa Cecília para aluvião do rio Quitauaú, Brasilândia e Formação Boa Vista	149
FIGURA 7.63C - Diagrama mostrando correlação positiva entre Pb e Ba, onde verifica-se o incremento desses elementos no sentido da Formação Boa Vista para os depósitos de Brasilândia, aluvião do rio Quitauaú e Santa Cecília	149

FIGURA 8.1 - Palinomorfos detectados na Fazenda Santa Cecília (Furo F-143)	152
FIGURA 8.2 - Caracterização de pteridophyta e angiospermae na Fazenda Santa Cecília	153
FIGURA 8.3 - Caracterização de angiospermae e de alga de água doce na Fazenda Santa Cecília	154
FIGURA 8.4 - Caracterização de angiospermae na Fazenda Santa Cecília	155
FIGURA 8.5 - Palinomorfos detectados na aluvião do rio Quitauaú (Furo F-25)	156
FIGURA 9.1 - Campos otimizados no diagrama granulométrico de Winkler para os produtos da cerâmica vermelha obtidos dos sedimentos argilosos da região de Boa Vista e comparados com aqueles determinados por PRACIDELLI & MELCHIADES (1997)	167
FIGURA 9.2 - Quimismo versus produtos da cerâmica vermelha obtidos nos testes específicos para tijolos e telhas nos sedimentos argilosos da região de Boa Vista	170

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 - Esquema de classificação dos filossilicatos relacionados aos minerais de argila segundo BAILEY (1980 e 1988)	3
TABELA 5.1 - Relação de amostras usadas na dissertação	12
TABELA 5.2 - Valores limites de parâmetros cerâmicos recomendados para fabricação de tijolos e telhas	22
TABELA 6.1 - Cronoestratigrafia da área estudada	26
TABELA 7.1 - Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos da Fazenda Santa Cecília	44
TABELA 7.2 - Reflexões da caulinita nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília	46
TABELA 7.3 - Reflexões da illita nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília	51
TABELA 7.4 - Reflexões do argilomineral expansivo não identificado, da clorita e goethita nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília	54
TABELA 7.5 - Reflexões do quartzo nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília	58
TABELA 7.6 - Minerais detectados nos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília	68
TABELA 7.7 - Composição Química (óxidos) dos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília	69
TABELA 7.8 - Composição química (elementos traços) dos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília	69
TABELA 7.9 - Elementos traços da Fazenda Santa Cecília comparados com os das unidades que compõe o arcabouço geológico regional	71
TABELA 7.10 - Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos da Fazenda Brasilândia	82
TABELA 7.11 - Reflexões da caulinita nas amostras do depósito da Fazenda Brasilândia	84
TABELA 7.12 - Reflexões da illita nas amostras do depósito da Fazenda Brasilândia	86
TABELA 7.13 - Reflexões do argilomineral expansivo não identificado, da clorita e goethita nas amostras da Fazenda Brasilândia	90
TABELA 7.14 - Reflexões do quartzo nas amostras da Fazenda Brasilândia	91
TABELA 7.15 - Minerais detectados nos sedimentos da Fazenda Brasilândia	97
TABELA 7.16 - Composição química (óxidos) dos sedimentos da Fazenda Brasilândia	98

TABELA 7.17 - Composição química (elementos traços) dos sedimentos da Fazenda Brasilândia	98
TABELA 7.18 - Classificação de argila, silte e areia das grauvas da Formação Boa Vista	106
TABELA 7.19 - Reflexões da caulinita nas amostras das grauvas da Formação Boa Vista	108
TABELA 7.20 - Reflexões da illita nas amostras da Formação Boa Vista	110
TABELA 7.21 - Reflexões do quartzo nas amostras da Formação Boa Vista	110
TABELA 7.22 - Minerais detectados nas grauvas da Formação Boa Vista	116
TABELA 7.23 - Composição química (óxidos) das grauvas da Formação Boa Vista	117
TABELA 7.24 - Composição química (elementos traços) das grauvas da Formação Boa Vista	117
TABELA 7.25 - Classificação argila, silte, areia dos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri	123
TABELA 7.26 - Minerais detectados nos sedimentos derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri	128
TABELA 7.27 - Composição química (óxidos) dos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri	128
TABELA 7.28 - Composição química (elementos traços) dos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri	129
TABELA 7.29 - Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauá	134
TABELA 7.30 - Minerais detectados nos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauá	138
TABELA 7.31 - Composição química (óxidos) dos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauá	138
TABELA 7.32 - Composição química (elementos traços) dos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauá	139
TABELA 7.33 - Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos da região de Boa Vista	144
TABELA 7.34 - Composição mineralógica dos sedimentos da região de Boa Vista	145
TABELA 7.35 - Composição química média dos sedimentos da região de Boa Vista	146
TABELA 9.1 - Características tecnológicas das amostras da Fazenda Santa Cecília após a queima a 1250°C	163

TABELA 9.2 - Características tecnológicas das amostras da Fazenda Santa Cecília após a queima na temperatura de 950 ⁰ C (teste específico para tijolos e telhas)	164
TABELA 9.3 - Características tecnológicas das amostras da Fazenda Brasilândia após a queima na temperatura de 950 ⁰ C (teste específico para tijolos e telhas)	165
TABELA 9.4 - Características tecnológicas das argilas da aluvião do rio Quitauaú após a queima a 950 ⁰ C (teste específico para tijolos e telhas)	166
TABELA 9.5 - Características tecnológicas das grauvacas intemperizadas da Formação Boa Vista após a queima a 950 ⁰ C (teste específico para tijolos e telhas)	166
TABELA 9.6 - Faixas granulométricas versus produtos obtidos nos testes tecnológicos específicos para tijolos e telhas das argilas da Fazenda Santa Cecília, Fazenda Brasilândia, aluvião do rio Quitauaú e das grauvacas da Formação Boa vista	168
TABELA 9.7 - Quimismo versus produtos obtidos nos testes específicos para tijolos e telhas das argilas da Fazenda Santa Cecília, Fazenda Brasilândia, aluvião do rio Quitauaú e das grauvacas da Formação Boa Vista	169

RESUMO

Nesta dissertação são apresentados estudos científicos efetuados em argilas ocorrentes em torno de Boa Vista, capital do Estado de Roraima. Caulinita, illita e expansivos não identificados são os argilominerais presentes na Fazenda Santa Cecília e encontram-se associados com quartzo, clorita, goethita, muscovita, rutilo, turmalina, zircão, ilmenita, magnetita, monazita, calcita, plagioclásio e fragmentos de crosta ferruginosa, granito, metachert, grauvaca, quartzito e rocha carbonática. Argila domina sobre silte e areia. SiO_2 e Al_2O_3 predominam, seguidos de Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 e MgO . Boro, Pb e As se destacam, seguidos de Ba, V, Y, Cr e Zn. Pólens caracterizam da base para o topo do depósito dois períodos de clima úmido, alternados por um período mais seco e encerrando com um clima sub-atual seco/úmido. O ^{14}C indica que o início da deposição das argilas se deu a 5.880 ± 70 anos A.P. Na Fazenda Brasilândia os argilominerais presentes são caulinita, illita e expansivos não identificados e em associação ocorrem quartzo, clorita, goethita, apatita, muscovita, rutilo, sericita, zircão, carbonato, ilmenita, magnetita, granada, plagioclásio além de fragmentos de quartzito e crosta ferruginosa. Areia domina sobre argila e silte. SiO_2 e Al_2O_3 predominam, seguidos de Fe_2O_3 , TiO_2 e K_2O . Boro se destaca, seguido de V, Ba e Cr. Caulinita e illita são os argilominerais presentes na Formação Boa Vista e estão associados com quartzo, apatita, muscovita, rutilo, turmalina, sericita, ilmenita, magnetita, zircão e fragmentos de metachert e crosta ferruginosa. Areia domina sobre argila e silte. SiO_2 e Al_2O_3 predominam, seguidos de Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , e Na_2O , CaO e MgO encontram-se abaixo do limite de detecção. Boro se destaca, seguido de V e Cr. Montmorilonita, caulinita e illita são os argilominerais presentes nos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri e em associação ocorrem calcita, labradorita, calcedônia, quartzo, rutilo, ilmenita, magnetita e fragmentos de crosta ferruginosa. Areia predomina sobre argila e silte, sendo que SiO_2 e Al_2O_3 são dominantes, seguidos de Fe_2O_3 , CaO , MnO , MgO , TiO_2 , Na_2O , K_2O e Ba, Co e B se destacam, seguidos de V, Cr, Cu, Sr, Ni, Zn, Y e Sc. Caulinita é o único argilomineral na aluvião do rio Quitauaú e está associada com quartzo, apatita, muscovita, ilmenita, zircão e fragmentos de crosta ferruginosa. Argila é dominante sobre silte e areia. SiO_2 e Al_2O_3 predominam sobre Fe_2O_3 , TiO_2 e K_2O e B, Pb e As se destacam, seguidos de V, Zn, Cr e Y. As caulinitas da região estudada são mal cristalizadas e as manchas de óxi-hidróxido de ferro nas argilas indicam a atuação de um novo ciclo intempérico na região. Os testes tecnológicos atestam aplicabilidade das argilas de Santa Cecília, Brasilândia e da aluvião do rio Quitauaú na indústria da cerâmica vermelha.

Palavras chaves: Argilas; Roraima; DRX; MEV; Quimismo; Testes tecnológicos; Tijolos; Telhas.

ABSTRACT

The present dissertation reports the scientific studies on clays from the surroundings of Boa Vista, capital of Roraima State. The clay minerals found at Fazenda Santa Cecília are kaolinite, illite and swelling without identify which are associated to quartz, chlorite, goethite, muscovite, rutile, tourmaline, zircon, ilmenite, magnetite, monazite, calcite, plagioclase and fragments of ferruginous crust, granite, metachert, wacke, quartzite and carbonatic rock. Clay dominates over silt and sand. SiO_2 and Al_2O_3 are the main oxides, followed by Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 and MgO . Boron, Pb and As stand out followed by Ba, V, Y, Cr and Zn. Pollens ascending the deposits characterise two wet seasons intercalated by a drier season and ending with a dry/wet subactual climate. The ^{14}C indicates that the onset of the clay deposits occurred 5.880 ± 70 years B.P. The clay minerals found at Fazenda Brasilândia are kaolinite, illite and swelling without identify associated to quartz, chlorite, goethite, apatite, muscovite, rutile, sericite, zircon, carbonate, ilmenite, magnetite, garnet, plagioclase in addition to fragments of quartzite and ferruginous crust occurring in association. Sand dominates over clay and silt. SiO_2 and Al_2O_3 predominate, followed by Fe_2O_3 , TiO_2 and K_2O . Boron stands out, followed by V, Ba and Cr. Kaolinite and illite are the clay minerals found in the Boa Vista Formation, which are associated with quartz, apatite, muscovite, rutile, tourmaline, sericite, ilmenite, magnetite, zircon and fragments of metachert and ferruginous crust. Sand dominates over clay and silt. SiO_2 and Al_2O_3 predominating, followed by Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O and Na_2O , CaO and MgO are below the detection threshold. Boron stands out followed by V and Cr. Montmorillonite, kaolinite and illite are the clay minerals found on the sediments derived from the Apoteri Volcanic Complex with calcite, labradorite, chalcedony, quartz, rutile, ilmenite, magnetite and fragments of ferruginous crust occurring in association. Sand predominates over clay and silt, being that SiO_2 and Al_2O_3 are dominant, followed by Fe_2O_3 , CaO, MnO, MgO , TiO_2 , Na_2O , K_2O and Ba, Co and B stand out followed by V, Cr, Cu, Sr, Ni, Zn, Y and Sc. Kaolinite is the sole clay mineral present in the Quitauaú river alluvium, and is associated with quartz, apatite, muscovite, ilmenite, zircon and ferruginous crust fragments. Clay is dominant over silt and sand. SiO_2 and Al_2O_3 predominate over Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , as well as B, Pb and As stand out followed by V, Zn, Cr and Y. Kaolinites on the studied region are badly crystallized and the oxi-hydroxide iron spots on the clays point out the activity of a new weathering cycle in the region. Technological tests certify the applicability of clays from Santa Cecília, Brasilândia and Quitauaú river alluvium just for making by the industry of red ceramics.

Keywords: Clays; Roraima; DRX; MEV; Chemistry; Technological tests; Bricks; Tiles.

1. INTRODUÇÃO

O crescente incremento na área da construção civil no Estado de Roraima nos últimos anos, tem exigido do poder público a necessidade de bloquear depósitos de argila nas cercanias da capital Boa Vista, para atender a demanda no que diz respeito à produção de tijolos e telhas. Atualmente, a lavra predatória desse bem mineral tem criado sérios problemas ambientais para o Estado.

Com esse enfoque, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (Superintendência Regional de Manaus), foi contratada e executou para o Governo de Roraima no ano de 2002 pesquisa de argila numa área correspondente a um círculo de 30 km de raio em torno da capital Boa Vista, com o fito de detectar jazimento que pudesse ser empregado na indústria da cerâmica vermelha.

Com objetivo de aprofundar o estudo foram realizadas análises mineralógicas, químicas, palinológicas e tecnológicas complementares de material representativo dos depósitos mais importantes e feita a comparação com outras ocorrências de argilominerais em áreas próximas.

O resultado dos estudos desenvolvidos e apresentados nesta dissertação, municiam de informações os gestores do Estado de Roraima, dos municípios de Boa Vista e Cantá e a sociedade como um todo, capacitando-os a tomarem decisões embasadas cientificamente, podendo assim, de forma racional, promover um melhor aproveitamento desse bem mineral em prol da sociedade roraimense.

2. ESTADO DA ARTE

A história relata que as argilas são utilizadas desde o século X a.C., quando já naquela época, a civilização sumeriana da Mesopotâmia empregava esses materiais na forma de “placas de argila crua” para confecção de suas inscrições cuneiformes.

A argila encontra-se também referenciada em alguns textos bíblicos, tais como:

- “Jeová Deus fez o homem do pó da terra” (Gênesis 10;2-7).
- “Comerás o teu pão com o suor de teu rosto, até que voltes à terra de que foste tirado; porque és pó, e em pó te hás de tornar”(Gênesis, capítulo 3;19).
- “Venham fazer tijolos e queimá-los no fogo e os usemos em lugar das pedras” (Gênesis, capítulo XI, versículo 3).

As primeiras definições do termo “argila” não tinham conotação mineralógica ou química. Eram baseadas exclusivamente na granulação, compreendendo partículas com diâmetro inferior a 4µm (WENTWORT, 1922) ou menores que 2 µm, segundo outros autores (SUGUIO, 1980).

Para SANTOS (1975), o termo argila não tem significado genético. É usado para materiais resultantes do intemperismo, da ação hidrotermal ou que se depositaram como sedimentos fluviais, marinhos, lacustres ou eólicos. Em termos de granulometria ele considera a “fração argila” aquela constituída por partículas inferiores a 2 µm.

Com o advento das técnicas de raio-X, as argilas foram melhor estudadas e consideradas como constituídas por argilominerais, os quais são formados por silicatos hidratados de alumínio e ferro, contendo ainda elementos alcalinos e alcalinos terrosos. É um material natural, terroso, de granulação fina, da ordem de alguns micra, na forma cristalina ou não cristalina, associado normalmente a uma certa quantidade de matéria orgânica e apresentando plasticidade quando umedecidos (GRIM, 1953, 1962, 1963, 1968; DANA, 1969; BRINDLEY, 1969 e GUGGENHEIM e MARTIN, 1995, *apud* TRUCKENBRODT, 2004). Assim, os argilominerais são considerados como pertencentes à família dos filossilicatos, que podem ser subdivididos em expansivos (*swelling*) e não expansivos (*non-swelling*), onde o pequeno tamanho dos grãos (< 2µm) e seu hábito cristalográfico em folhas (*sheets*) lhes conferem as propriedades de adsorção, absorção, plasticidade, troca de íons e endurecimento quando secos ou quando aquecidos em temperaturas elevadas (GRIM, 1953; 1962, CARROL, 1970; SANTOS, 1989 e VELDE, 1992).

A definição e os conceitos empregados para a classificação dos argilominerais são efetuados pela AIPEA (“Association Internationale Pour l’Etude des Argiles”), que antes de 1966 era denominada de CIPEA (“Comité International Pour l’Etude

des Argiles”). Essa associação tem trabalhado em conjunto com o IMA (“International Mineralogical Association”) na definição de nomes de novos minerais.

A definição de BRINDLEY e PEDRO (1972) estabelecia que: “Os argilominerais pertencem à família dos filossilicatos e contém folhas contínuas tetraedrais bi-dimensionais de composição T_2O_5 (T=Si, Al, Be,...), onde os tetraedros possuem três vértices em comuns com outros tetraedros da folha e o quarto vértice pode apontar para qualquer direção. Na unidade estrutural as folhas tetraédricas estão unidas por intermédio de folhas octaédricas ou de grupos de cátions coordenados ou de cátions individuais”. A definição acima engloba todos os argilominerais, incluindo os do grupo da sepiolita-paligorsquita, que eram considerados antes como pseudo-filossilicatos. A definição dada por BAILEY (1980), estabelece que: “Os filossilicatos estão baseados na natureza da estrutura dos silicatos, não incluindo intercadas com fracas ligações. Portanto, é excluída a categoria dos pseudo-filossilicatos, tais como a paligorsquita e a sepiolita, pois não possuem clivagem basal. O critério de folhas tetraedrais contínuas exclui também os quasi-silicatos em camadas, tais como a astrofilita, lamprofilita, bafertisita e a haradaíta”. Dessa maneira, a classificação dos argilominerais é hierárquica e contém os seguintes atributos: a) Tipo de camada (1:1 ou 2:1); b) Grupo (x = carga por unidade de fórmula); c) Subgrupo (tipo de cátion na folha octaédrica: di ou trioctaédrico) e d) Espécie (composição química, tipo de empilhamento das camadas), baseada em BAILEY (1980 e 1988).

TABELA 2.1 – Esquema de classificação dos filossilicatos relacionados aos minerais de argila segundo BAILEY (1980 e 1988)

Tipo de Camada	Grupo (x = Carga por unidade de Fórmula)	Subgrupo	Espécies (algumas)
1:1	Caulinita-serpentina $x \sim 0$	Caulinita	Caulinita, dickita, halloisita
		Serpentina	Crisotilo, lizardita, amesita
2:1	Pirofilita-talco $x \sim 0$	Pirofilita	Pirofilita
		Talco	Talco
	Esmectita $x \sim 0.2-0.6$	Montmorilonita	Montmorilonita, beidelita Nontronita
		Saponita	Saponita, hectorita, sauconita
	Vermiculita $x \sim 0.6-0.9$	Vermiculita Dioctaedral	Vermiculita Dioctaedral
		Vermiculita Trioctaedral	Vermiculita Trioctaedral
	Mica (illita e sericita) $x \sim 1$	Mica Dioctaedral	Muscovita, paragonita
		Mica Trioctaedral	Flogopita, biotita, lepidolita
	Mica quebradiça $x \sim 2$	Mica quebradiça Dioctaedral	Margarita
		Mica quebradiça Trioctaedral	Clintonita, anandita
	Clorita x variável	Clorita Dioctaedral	Donbassita
		Clorita Di, Trioctaedral	Cookeita, sudoita
Clorita Trioctaedral		Clinocloro, chamosita, nimita	

Os argilominerais são constituídos por duas unidades estruturais fundamentais: A primeira pelos tetraedros SiO_4 , que consistem de quatro átomos de oxigênio ocupando um vértice de um tetraedro, tendo no centro um átomo de silício. Os tetraedros individuais se ligam entre si, compartilhando os átomos de oxigênio, formando assim camadas ou estruturas dispostas em arranjo hexagonal regular contínuo (**FIGURA 2.1**). A segunda unidade estrutural constitui-se de octaedros formados por seis átomos de oxigênio ou de hidroxila. As hidroxilas e/ou oxigênios ocupam os vértices dos octaedros que tem no centro um átomo de alumínio, ferro ou magnésio. Dessa maneira, ligam-se os octaedros entre si, compartilhando átomos de oxigênio ou hidroxila, formando assim as camadas estruturais octaédricas (**FIGURA 2.2**).

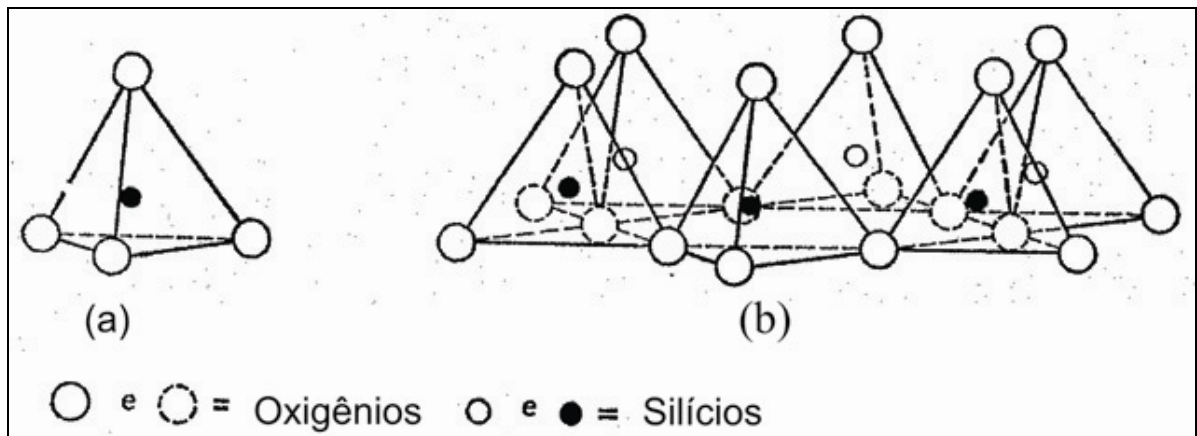


FIGURA 2.1 – (a) Tetraedro SiO_4 Isolado e (b) Estrutura em Folha dos Tetraedros Dispostos em uma Rede Hexagonal (GRIM, 1953, 1962 e 1968).

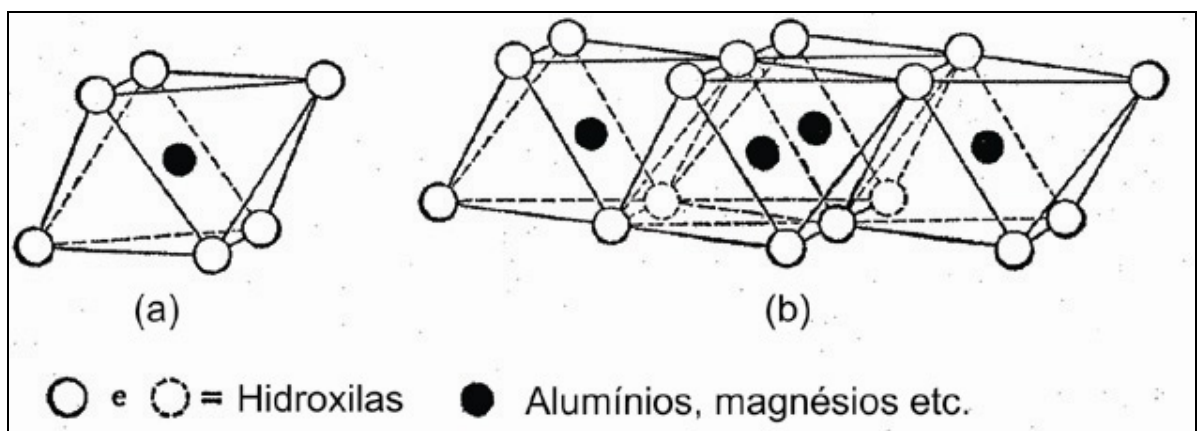


FIGURA 2.2 – (a) Unidade Octaédrica Isolada e (b) Folhas de Unidades Octaédricas (GRIM, 1953, 1962 e 1968)

O empilhamento de uma folha tetraédrica e uma octaédrica ao longo do eixo “z” origina uma camada tipo 1:1 (**FIGURA 2.3**). O empilhamento de duas folhas tetraédricas e uma octaédrica forma uma camada tipo 2:1 (LUCAS, 1962; GRIM, 1968; BRINDLEY, 1972), **FIGURA 2.4**.

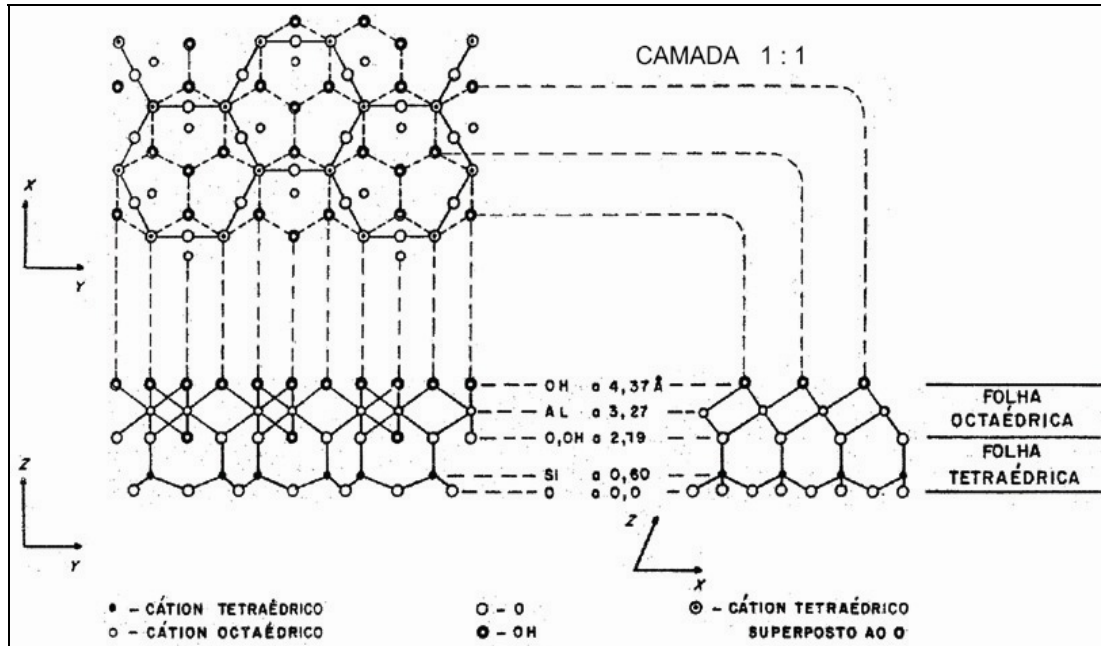


FIGURA 2.3 – Projeções sobre [001], [100] e [010] da camada 1:1 (Baseado em BRINDLEY, 1972 a e compilado de ALVES, 1990)

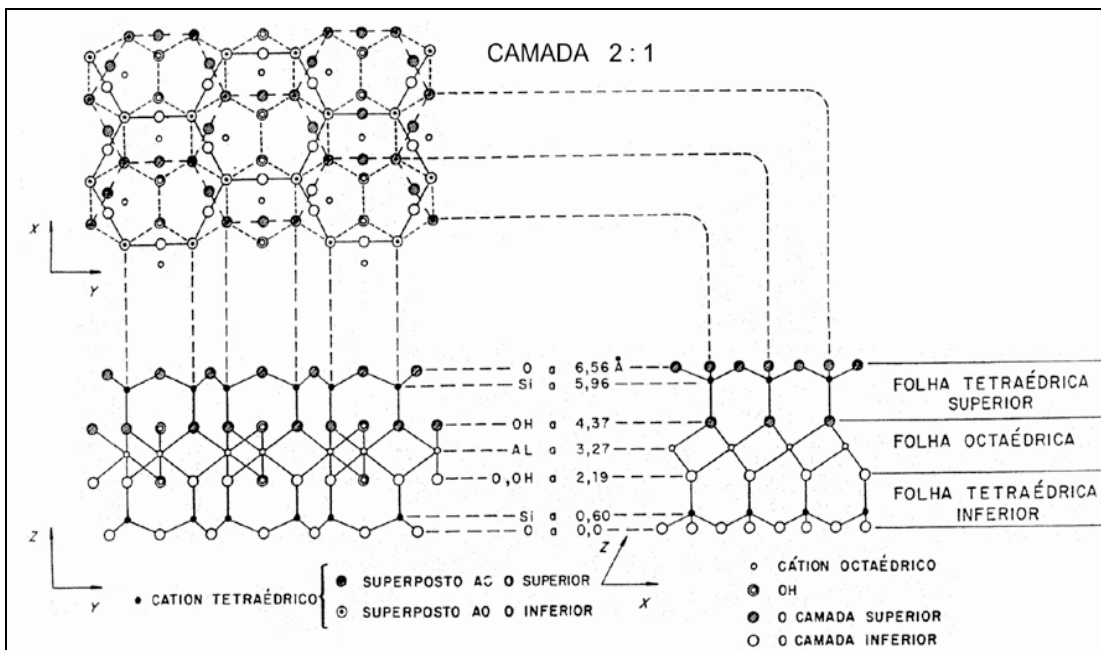


FIGURA 2.4 – Projeções sobre [001], [100] e [010] da camada 2:1 (Baseado em LUCAS, 1962, e compilado de ALVES, 1990).

A herança detrítica, a transformação e a neoformação são os principais processos relacionados à gênese dos argilominerais das rochas sedimentares (MILLOT, 1970), enquanto que a importância do seu estudo reside nas informações obtidas sobre a natureza e o paleoclima da área fonte (HARDY e TUCKER, 1988).

A influência do intemperismo químico na formação de regolitos em regiões tropicais, onde a illita e a caulinita correspondem aos produtos secundários gerados a partir dos k-feldspatos é ressaltada por PORTO (2000), enquanto que a formação de argilas durante a evolução dos mantos pedológicos de zonas tropicais e sub-tropicais com destaque para a caulinita em clima seco e chuvoso e para esmectita em clima seco e sub-árido é ressaltada por NAHON (1991).

GRIM (1962) e BRINDLEY (1969), destacam a importância das argilas nas áreas da agricultura, cerâmica, engenharia civil, geologia, metalurgia, plásticos, borracha, medicina, cosméticos, nos processos químicos bem como em outras numerosas aplicações técnicas. Tem importância também na indústria da construção civil, nos serviços de utilidade pública, como por exemplo nos isoladores elétricos de porcelana nas linhas de transmissão e, principalmente, nas indústrias de processamento químico, tais como: águas industriais e domésticas, combustíveis, eletrotérmica, fertilizantes, nuclear, explosivos, tóxicos, propelentes, tintas, vernizes, couros, gelatina, adesivos, inseticidas, fungicidas, pesticidas, essências, fragrâncias, óleos, ceras, gorduras, sabões, detergentes, açúcar, amido, fermentações, celulose, papel, polímeros, elastômeros, fibras naturais, fibras sintéticas, refino de petróleo, petroquímica, alimentos, farmacêutica e metalúrgica extrativa (SANTOS, 1989).

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (2003), dá um destaque substancial para o segmento cerâmico, onde a argila entra como uma das principais matérias-primas nas indústrias da cerâmica vermelha (tijolos, blocos, telhas, tubos cerâmicos/manilhas, agregados leves, utensílios domésticos e adornos), cerâmica de revestimento (azulejos, ladrilhos e pastilhas), cerâmica branca (louças sanitárias, louça de mesa, isoladores elétricos) e nas de refratários, abrasivos, vidro, cimento e cal. Na cerâmica de alta tecnologia ou cerâmica avançada, as argilas são empregadas também como matéria-prima nas indústrias eletrônica, magnética, óptica, química, térmica, mecânica, biológica e nuclear. Os produtos desse segmento são de uso intenso e tendem a se ampliar a cada dia. Como exemplo, cita-se: naves espaciais, satélites, usina nuclear, implantes em seres humanos, aparelhos de som e de vídeo, suportes de catalisadores para automóveis, sensores etc..

Como se depreende, as argilas são de grande importância na economia de qualquer país, haja vista que se constituem como matérias-primas de amplas possibilidades de utilização industrial, além de serem muito baratas. Dessa forma, tem-se

observado em nível mundial uma crescente demanda desse bem mineral, com a perspectiva de tornar-se um dos principais recursos minerais deste século, ao lado do petróleo e da água subterrânea.

Considerando-se a grande importância das argilas é que foi proposta a presente dissertação, cujas justificativas para sua efetivação se alicerçam fundamentalmente em três parâmetros: o técnico-científico, o econômico e o social. Com relação ao primeiro, a área desta dissertação corresponde a uma pequena região do Estado de Roraima que já apresenta um razoável nível de conhecimento geológico, onde vários projetos de pesquisa já foram desenvolvidos, tais como:

- Projeto Roraima (DNPM/CPRM, 1974);
- Projeto Raraima Central (CPRM, 2000);
- Projeto Insumos Minerais para Agricultura em Roraima (RIKER, 1997);
- Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Central do Estado de Roraima (CPRM/Governo do Estado de Roraima, 2002);
- Pesquisa de Argila para Cerâmica Vermelha em Boa Vista-RR (RIKER, 2002).

Os dois últimos trabalhos citados enfatizam o grande potencial de argila plástica para cerâmica vermelha existentes nas aluviões quaternárias da calha do rio Branco. Destacam também as argilas plásticas que ocorrem como produto de alteração dos basaltos do Complexo Vulcânico Apoteri, bem como aquelas associadas a aluvião do rio Quitauaú e aos arenitos intemperizados da Formação Boa Vista. Assim sendo, há necessidade da efetivação de estudos mais aprofundados nesses materiais, os quais, sem dúvida, proporcionarão um grande avanço científico no conhecimento das argilas dessa região da Amazônia. No campo econômico e social espera-se que, com o resultado de tais estudos, seja fomentado pelo empresariado privado a criação de novos parques oleiros nessa região, que possam atender a crescente demanda de tijolos e telhas. Dessa forma, toda sociedade roraimense será beneficiada com a criação de novos parques fabris e, a utilização de matéria-prima mais barata para construção de novas moradias, que atenderá, sobremaneira, grande parcela da população mais carente do Estado de Roraima.

3. OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo geral o estudo científico dos depósitos de argila das Fazendas Santa Cecília (Área 1) e Brasilândia (Área 2), das argilas da Formação Boa Vista, dos basaltos alterados do Complexo Vulcânico Apoteri e daquelas da aluvião do rio Quitauá. Tais estudos visam a caracterização dos sedimentos argilosos sobre os seguintes aspectos:

- Litológicos
- Granulométricos
- Mineralógicos
- Químicos
- Palinológicos
- Geocronológicos
- Genéticos.

O objetivo específico é o estudo tecnológico das argilas das Fazendas Santa Cecília (Área 1) e Brasilândia (Área 2), das argilas das grauvacas da Formação Boa Vista e daquelas da aluvião do rio Quitauá, com vistas a seu aproveitamento na indústria da cerâmica vermelha, notadamente no fabrico de tijolos e telhas. Com vistas à cerâmica branca, também foram efetuados estudos tecnológicos nas argilas do depósito da Fazenda Santa Cecília (Área 1).

4. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área tema desta dissertação, localiza-se no Estado de Roraima entre os paralelos de $2^{\circ} 30'00''$ e $3^{\circ} 10'00''$ N e meridianos de $60^{\circ} 20'00''$ W e $61^{\circ} 00'00''$ W, ocupa parte das folhas NA.20-X-D e NA.20-X-B e abrange parte dos municípios de Boa Vista e Cantá. A área é de fácil acesso, está cortada pelas rodovias federais BR-174 e BR-401 que fazem ligação com a Venezuela e Guiana, respectivamente, além das rodovias estaduais RR-170, RR-202, RR-203, RR-205 e RR-342 que ligam a cidade de Boa Vista com Cantá, Normandia, Amajari e Mucajaí. A capital do Estado, Boa Vista, está localizada no centro da área estudada (**FIGURA 4.1**). Dentro dessa área foram selecionados 5 locais de interesse para o estudo das argilas:

- Sedimentos Quaternários representados pelos depósitos que ocorrem na Fazenda Santa Cecília (Área 1), Fazenda Brasilândia (Área 2) e aluvião do rio Quitauaú (furo F-25);
- Grauvacas intemperizadas da Formação Boa Vista (furos F-01, F-63, F-70, F-73 e F.75);
- Depósitos argilosos lateritizados derivados dos basaltos do Complexo Vulcânico Apoteri referentes ao furo de sondagem F-22 (**FIGURA 4.2**).

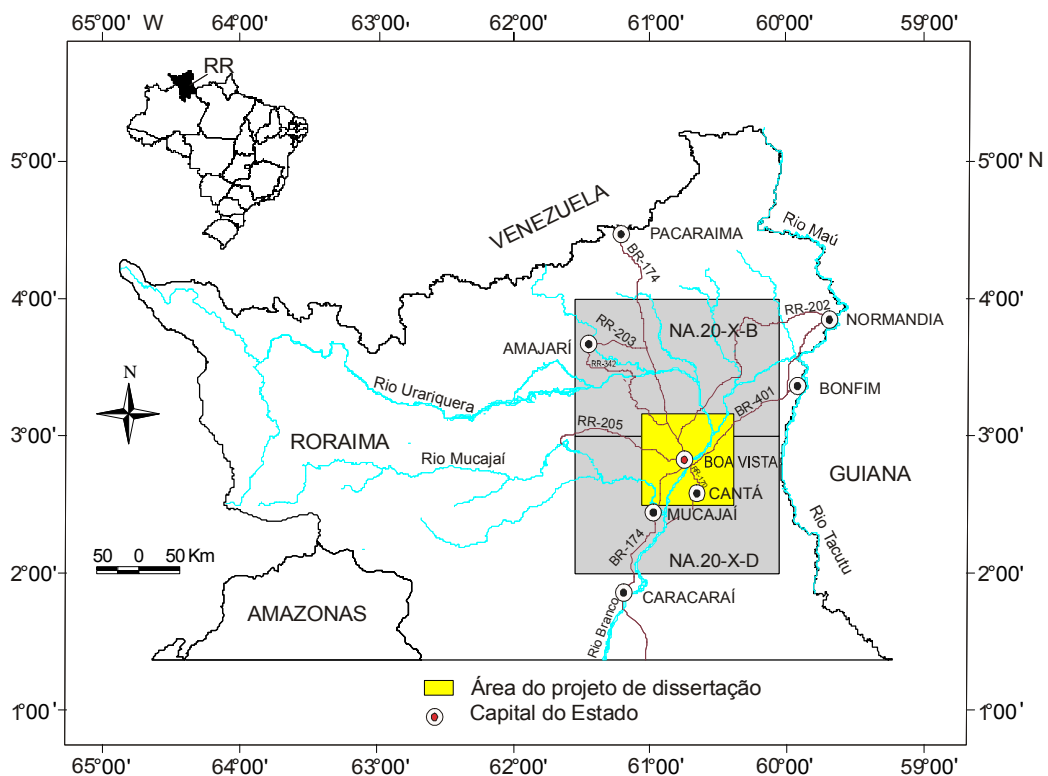
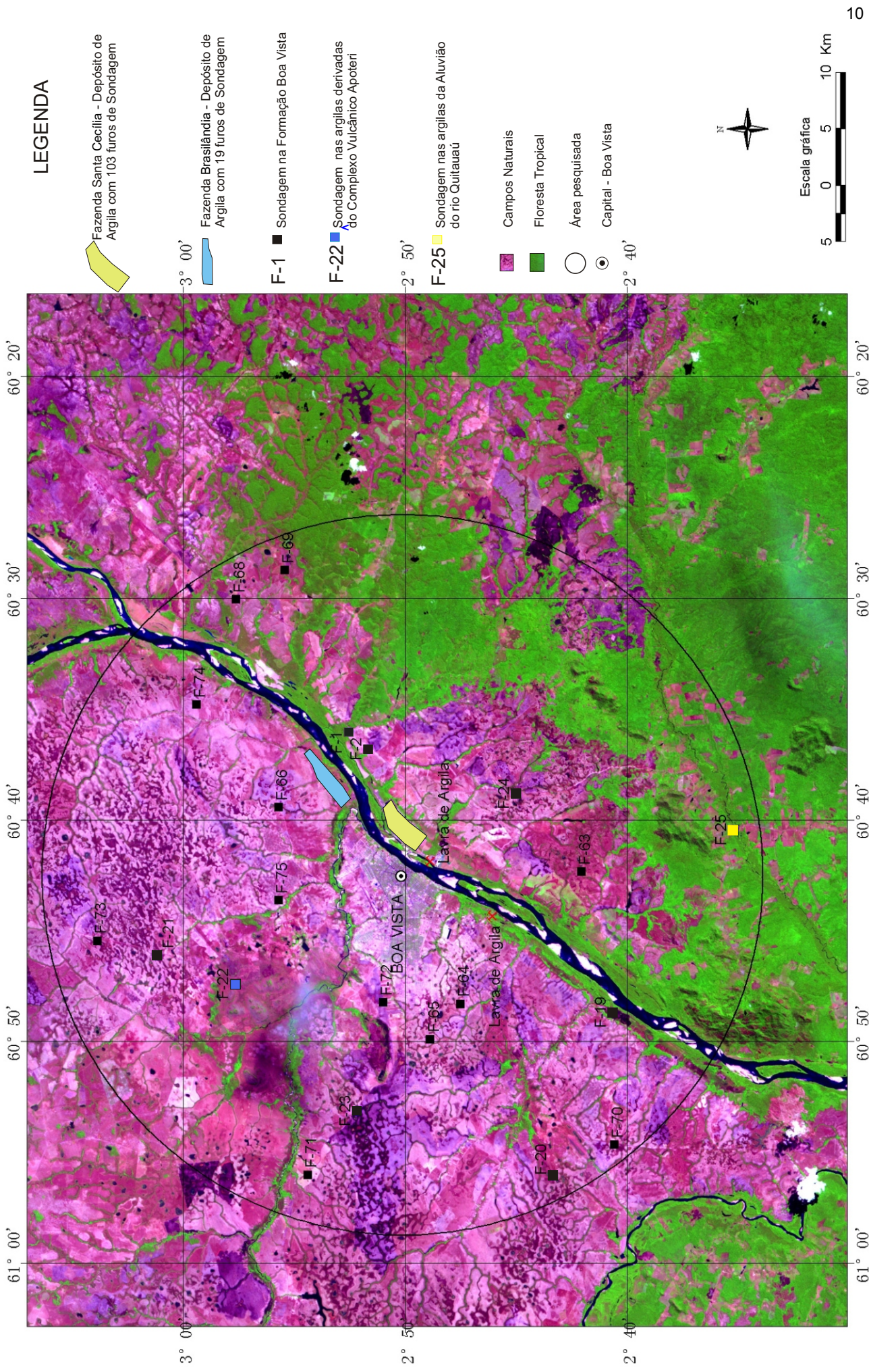


FIGURA 4.1 – Mapa de localização



LEGENDA

- Fazenda Santa Cecília - Depósito de Argila com 103 furos de Sondagem
- Fazenda Brasília - Depósito de Argila com 19 furos de Sondagem
- F-1 ■ Sondagem na Formação Boa Vista
- F-22 ■ Sondagem nas argilas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri
- F-25 ■ Sondagem nas argilas da Aluvião do rio Quitauaú

- Campos Naturais
- Floresta Tropical
- Área pesquisada
- Capital - Boa Vista

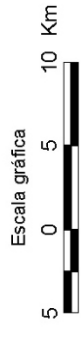


FIGURA 4.2 - Imagem TM - LANDSAT - 7, Cena 232/58 de 15/02/2001 com as Sondagens Executadas (Baseado em RIKER, 2002)

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos empregados nesta dissertação são abordados abaixo e as figuras e tabelas empregadas estão dispostas preferencialmente no final do capítulo, obedecendo à sequência de leitura do texto.

5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Para dar suporte à esta dissertação, inicialmente foi efetuada uma intensa pesquisa bibliográfica da literatura existente sobre o contexto geológico regional do Estado de Roraima, onde a “argila” é enfocada como matéria prima na área da construção civil. Posteriormente, a pesquisa bibliográfica foi ampliada para nível nacional e internacional, para que assim, se pudesse melhor conhecer e caracterizar as argilas da região estudada sob o ponto de vista de sua granulometria, mineralogia, quimismo e aspectos tecnológicos, genéticos etc., abordando-se dessa maneira, inúmeros trabalhos de renomados pesquisadores nacionais e internacionais.

5.2 AMOSTRAS DE ARGILA USADAS NAS ANÁLISES

Todas as amostras analisadas fazem parte de furos de sondagens executados na pesquisa de argila para cerâmica vermelha (RIKER, 2002). A sondagem foi efetuada com trado manual de 10 cm de diâmetro que permitiu testemunhagem contínua e total recuperação do material argiloso. O procedimento de amostragem obedeceu os seguintes passos: Inicialmente foi efetuada uma amostragem a cada intervalo aproximado de 1,0 m, a depender da espessura total do pacote argiloso. A argila proveniente de cada intervalo foi misturada de forma mais homogênea possível e quarteada, sendo retirada uma amostra composta (1,5 kg) para arquivo, a qual foi devidamente embalada em saco plástico e etiquetada. No final do furo, o restante do material argiloso de cada intervalo, já devidamente misturado e homogeneizado, foi misturado e novamente homogeneizado e quarteado, gerando assim uma amostra composta representativa de todo pacote argiloso do furo. Após esse procedimento, foram separadas uma alíquota para análises mineralógicas e químicas (1,5 kg) e uma alíquota para testes tecnológicos (20,0 kg), as quais foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas. Um total de 44 amostras representativas de 40 furos de sondagem foram usadas neste trabalho (**TABELA 5.1**).

TABELA 5.1 – Relação de amostras usadas na dissertação

Área	Furo	Localização		Intervalo Amostrado (m)	Amostra (Nº)
		Latitude	Longitude		
Fazenda Santa Cecília (Área 1)	F-04	02° 48' 47,2" N	60° 38' 18,4" W	0,0 – 2,7	SR-L-04
	F-06	02° 49' 06,1" N	60° 38' 43,9" W	0,0 – 2,0	SR-L-06
	F-07	02° 48' 36,7" N	60° 39' 04,3" W	0,0 – 5,5	SR-L-07
	F-09	02° 48' 20,0" N	60° 38' 36,0" W	0,0 – 2,75	SR-L-09
	F-11	02° 49' 43,6" N	60° 37' 49,3" W	0,0 – 3,45	SR-L-11
	F-15	02° 49' 26,1" N	60° 38' 24,8" W	0,0 – 4,2	SR-L-15
	F-17	02° 49' 07,5" N	60° 37' 55,2" W	0,0 – 3,0	SR-L-17
	F-26	02° 48' 49,6" N	60° 38' 51,9" W	0,0 – 6,25	SR-L-26
	F-27	02° 48' 41,1" N	60° 38' 37,3" W	0,0 – 3,0	SR-L-27
	F-28	02° 48' 32,4" N	60° 38' 22,7" W	0,0 – 2,3	SR-L-28
	F-31	02° 49' 09,3" N	60° 38' 18,1" W	0,0 – 2,0	SR-L-31
	F-32	02° 49' 00,9" N	60° 38' 03,1" W	0,0 – 3,6	SR-L-32
	F-33	02° 48' 53,7" N	60° 37' 51,8" W	0,0 – 3,5	SR-L-33
	F-35	02° 49' 28,1" N	60° 37' 59,3" W	0,0 – 2,0	SR-L-35
	F-36	02° 49' 20,3" N	60° 37' 44,9" W	0,0 – 3,0	SR-L-36
	F-37	02° 49' 11,4" N	60° 37' 30,2" W	0,0 – 3,3	SR-L-37
	F-38	02° 49' 57,1" N	60° 37' 39,2" W	0,0 – 4,5	SR-L-38
	F-39	02° 49' 48,2" N	60° 37' 24,4" W	0,0 – 2,0	SR-L-39
	F-40	02° 49' 39,1" N	60° 37' 09,8" W	0,0 – 3,0	SR-L-40
	F-41	02° 49' 34,7" N	60° 37' 02,3" W	0,0 – 3,45	SR-L-41
F-42	02° 49' 59,7" N	60° 37' 11,0" W	0,0 – 3,6	SR-L-42	
F-43	02° 49' 51,2" N	60° 36' 56,8" W	0,0 – 3,3	SR-L-43	
F-143	02° 49' 46,7" N	60° 37' 45,8" W	0,0 – 1,0	SR-L-143A	
			1,0 – 2,0	SR-L-143B	
			2,0 – 3,0	SR-L-143C	
			3,0 – 3,5	SR-L-143D	
			3,5 – 3,6	SR-L-143E	
Fazenda Brasilândia (Área 2)	F-47	02° 52' 05,6" N	60° 36' 26,2" W	0,0 – 2,5	SR-L-47
	F-49	02° 51' 53,8" N	60° 36' 13,8" W	0,0 – 3,7	SR-L-49
	F-50	02° 51' 35,0" N	60° 36' 44,3" W	0,0 – 2,0	SR-L-50
	F-51	02° 51' 46,8" N	60° 36' 56,3" W	0,0 – 4,0	SR-L-51
	F-53	02° 51' 41,4" N	60° 35' 23,2" W	0,0 – 3,5	SR-L-53
	F-56	02° 53' 03,4" N	60° 34' 58,0" W	0,0 – 3,0	SR-L-56
	F-59	02° 53' 24,3" N	60° 34' 30,5" W	0,0 – 3,0	SR-L-59
	F-61	02° 53' 31,1" N	60° 34' 37,8" W	0,0 – 3,2	SR-L-61
	F-62	02° 52' 23,5" N	60° 35' 54,9" W	1,0 – 2,6	SR-L-62
F-67	02° 52' 46,6" N	60° 35' 29,5" W	0,0 – 4,25	SR-L-67	
Formação Boa Vista	F-01	02° 51' 37,0" N	60° 33' 41,0" W	0,0 – 5,0	SR-L-01
	F-63	02° 41' 09,4" N	60° 40' 00,9" W	0,0 – 3,7	SR-L-63
	F-70	02° 39' 39,0" N	60° 52' 20,4" W	0,0 – 2,5	SR-L-70
	F-73	03° 02' 56,7" N	60° 43' 07,7" W	0,0 – 2,75	SR-L-73
	F-75	02° 54' 46,9" N	60° 41' 17,9" W	0,0 – 4,0	SR-L-75
Complexo Vulcânico Apoteri	F-22	02° 56' 44,5" N	60° 45' 04,3" W	0,0 – 0,65	SR-L-22
Aluvião do Rio Quitauau	F-25	02° 34' 18,0" N	60° 38' 07,7" W	0,0 – 4,0	SR-L-25

5.3 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

As análises granulométricas foram efetuadas no laboratório de solos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, pelo método de peneiramento a úmido nas frações >0,02 mm e <0,053 mm, >0,053 mm e <0,212 mm e >0,212 mm e <2,00 mm. A sedimentação diferencial de partículas em meio aquoso por ação da gravidade, denominada também de pipetagem, a qual obedece à lei de Stokes, permitiu a análise granulométrica nas frações <0,002 mm e >0,002 mm e <0,02 mm. Tais frações foram selecionadas com objetivo de obter as faixas granulométricas para serem aplicadas no diagrama granulométrico de Winkler (<0,002 mm, 0,002 mm a 0,02 mm e >0,02 mm) que definem os produtos da cerâmica vermelha, conforme preconizado por HEYSTEK (1964), *apud* SANTOS (1989) e PRACIDELLI & MELCHIADES (1997). Para efetivação desse processo foram usadas 10g de amostra bruta seca ao ar, com posterior adição de peróxido de hidrogênio para eliminar a matéria orgânica e, em seguida, pirofosfato de sódio como agente defloculante. Para promover a homogeneização física da amostra foi empregado um agitador rotatório tipo Wagner 360° a 30 rpm, onde as amostras acondicionadas em garrafas plásticas de 600 ml foram submetidas à esse tratamento por um período de 16 horas. Após a homogeneização foi efetuado o peneiramento a úmido, seguido da pipetagem. Os cálculos para a determinação das frações granulométricas foram efetuados no excel e apresentados sob a forma de planilhas. A técnica usada está em conformidade com a “Association Française de Normalization” (AFNOR, 1970), *apud* MATHIEU e PIELTAIN (1998), com pequenas modificações. As adaptações feitas pelo INPA em relação à AFNOR, diz respeito apenas ao uso pelo primeiro das peneiras de 0,053 mm e de 0,212 mm ao invés de 0,050 mm e de 0,20 mm.

As faixas granulométricas definidas pela AFNOR e pelo INPA são comparadas com aquelas da escala de Wentwort apresentada por PETTIJOHN, POTTER e SIEVER (1973); ADAMS, MACKENZIE e GUILFORD (1984) e BOGGS JR. (1995), conforme visto a seguir:

<u>AFNOR (1970)</u>	<u>INPA</u>	<u>WENTWORT</u>
Argila: < 0,002mm	Argila: < 0,002mm	< 0,002 mm: Argila
Limo fino: 0,002-0,02mm	Limo fino: 0,002-0,02 mm	0,002-0,02 mm: Silte muito fino-silte médio
Limo grosso: 0,02- 0,050mm	Limo grosso: 0,02-0,053 mm	0,02-0,053mm: Silte médio-silte grosso
Areia fina: 0,050-0,20 mm	Areia fina: 0,053-0,212 mm	0,053-0,212 mm: Silte grosso- areia fina
Areia grossa: 0,20-2,0 mm	Areia grossa: 0,212-2,00 mm	0,212-2,00 mm: Areia fina a muito grossa.

Com relação à Fazenda Santa Cecília foram realizadas 22 análises granulométricas (amostras SR-L-04, SR-L-06, SR-L-07, SR-L-09, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-26, SR-L-27, SR-L-28, SR-L-31, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-35, SR-L-36, SR-L-37, SR-L-38, SR-L-39, SR-L-40, SR-L-41, SR-L-42 e SR-L-43) e, na Fazenda Brasilândia, 10

análises (amostras SR-L-47, SR-L-49, SR-L-50, SR-L-51, SR-L-53, SR-L-56, SR-L-59, SR-L-61, SR-L-62 e SR-L-67). No âmbito da Formação Boa Vista foram realizadas cinco análises (amostras SR-L-01, SR-L-63, SR-L-70, SR-L-73 e SR-L-75). Nos sedimentos argilosos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri foi feita apenas 1 análise (amostra SR-L-22), bem como nas argilas da Aluvião do rio Quitauaú (amostra SR-L-25), totalizando assim 39 análises granulométricas efetuadas.

5.4 ANÁLISES MINERALÓGICAS

5.4.1 Difração de Raios - X

A difração de raios-X (DRX) é o método analítico usado na determinação mineralógica de argilominerais em amostras poliminerálicas, uma vez que as pequenas dimensões destes, dificultam seus reconhecimentos por outras técnicas convencionais, como por exemplo a microscopia ótica. Outra vantagem é que esse método permite a interpretação de um grande número de amostras em tempo relativamente curto. Os princípios básicos da DRX podem ser encontrados em FORMOSO (1984), HARDY e TUCKER (1988), KLEIN e HURLBUT JR (1993), MOORE e REYNOLDS JR (1997), entre outros. O difratômetro usado foi o XRD-6000-Shimadzu do tipo $\theta - 2\theta$, com tubo de cobre ($CuK\alpha_1 - 1,5405 \text{ \AA}$), cuja interpretação dos difratogramas é feita com auxílio do software da Shimadzu e ICDD-PDF. Esse equipamento pertence ao Departamento de Geociências da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Três procedimentos básicos foram adotados na DRX:

a) Amostra total- Inicialmente, as amostras brutas dos sedimentos argilosos foram submetidas ao processo de secagem em estufa com temperatura de 60°C . Em seguida, foram passadas em pulverizador de disco de porcelana, peneiradas a seco, ficando com uma granulometria abaixo de 200 mesh. Esse procedimento foi efetuado no laboratório da CPRM (Manaus), onde o pulverizador usado foi o “Braun pulverizer – Type U.A.”. Posteriormente, no laboratório de DRX da UFAM, as amostras foram pulverizadas ainda mais, usando-se almofariz e pistilo e colocadas no porta amostra adequado (aluminum sample holder), prensadas com lâmina de vidro e posteriormente inseridas no difratômetro. Por esse processo foram analisadas 44 amostras das quais 39 correspondem às relacionadas no item 5.3. As demais, são representativas do furo F-143 da Área 1 (amostras SR-L-143A, SR-L-143B, SR-L-143C, SR-L-143D e SR-L-143E, totalizando assim 44 amostras analisadas.

As condições instrumentais aplicadas nas análises de amostra total foram:

- voltagem: 40,0 (Kv)
- amperagem: 30 (mA)
- fendas usadas: 1,0 – 1,0 – 0,15 mm
- scan range: 3° a 60° (2θ)

- passo: $0,02^{\circ}/2\theta$
- velocidade: $2^{\circ}/2\theta/\text{min}$.

b) Lâminas orientadas – A preparação das lâminas orientadas foi efetuada no laboratório de sedimentologia da UFAM. Consistiu em se recolher, com auxílio da pipeta, uma alíquota da suspensão correspondente a fração argilosa da análise granulométrica, posteriormente dispersá-la gota a gota sobre uma lâmina plana de vidro e deixar secar em temperatura ambiente, conforme preconizado por ALVES (1987). Nesse processo, o objetivo é identificar os argilominerais presentes na fração $< 2\mu\text{m}$ sem a interferência de material grosseiro, especialmente quartzo. Por esse método foram analisadas 44 lâminas orientadas secas ao ar em corrida normal, representativas de 40 furos de sondagem, conforme relacionadas no item (a) deste capítulo. As condições instrumentais foram as mesmas daquelas aplicadas nas amostras totais.

Para identificação de esmectita, 12 lâminas orientadas secas ao ar (amostras SR-L-01, SR-L-09, SR-L-22, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-37, SR-L-40, SR-L-41, SR-L-49, SR-L-56, SR-L-59 e SR-L-67) foram inicialmente submetidas à DRX em corrida lenta (detalhe). Posteriormente, essas amostras foram impregnadas com etileno-glicol durante 24 horas e processadas na DRX em corrida normal e lenta (detalhe). Em seguida, foram aquecidas a 550°C durante 5 horas e processadas também em corrida normal e lenta (detalhe). No detalhe o scan range foi de $3^{\circ} - 15^{\circ} (2\theta)$ para amostra SR-L-22 a fim de melhor caracterizar a caulinita que ocorre em $12,11^{\circ} (2\theta)$ e de $3^{\circ} - 10^{\circ} (2\theta)$ para as demais, enquanto que a velocidade empregada foi de $0,5^{\circ}/2\theta/\text{minuto}$. As demais condições instrumentais foram as mesmas aplicadas em amostras totais.

Para determinação do índice de cristalinidade da caulinita (Índice de Hinckley), foi procedida uma corrida lenta na DRX, com scan range na faixa de $18^{\circ} - 24^{\circ} (2\theta)$ e com velocidade de $0,5^{\circ}/2\theta/\text{minuto}$, para que assim fossem caracterizadas as reflexões nos planos $1\bar{1}0 (20,4^{\circ} - 2\theta)$ e $11\bar{1} (21,3^{\circ} - 2\theta)$, conforme preceituado por HINCKLEY (1963) *apud* CARROL (1970). Nesse procedimento foram usadas 9 amostras da Fazenda Santa Cecília (SR-L-07, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-26, SR-L-27, SR-L-28, SR-L-36 e SR-L-42), 5 amostras da Fazenda Brasilândia (SR-L-47, SR-L-50, SR-L-51, SR-L-61 e SR-L-62), 4 amostras da Formação Boa Vista (SR-L-63, SR-L-70, SR-L-73 e SR-L-75) e 1 amostra da Aluvião do rio Quitauá (SR-L-25).

c) Laminas desorientadas - Para definir o tipo de esmectita se di ou trioctaédrica com precisão, 5 amostras da Fazenda Santa Cecília (SR-L-09, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-37 e SR-L-41), 3 amostras da Fazenda Brasilândia (SR-L-49, SR-L-59 e SR-L-67) e uma amostra de argila do Complexo Vulcânico Apoteri (SR-L-22) foram preparadas de forma que os argilominerais ficassem desorientados em lâmina, para que assim pudesse ser determinada a reflexão no plano 060, conforme preceituado por MOORE &

REYNOLDS JR. (1997). Na preparação, as lâminas de vidro foram impregnadas inicialmente com graxa de silicone e, posteriormente, foi aplicado sobre elas o material com fração $<2\mu\text{m}$. Tais amostras foram submetidas a uma corrida lenta onde o scan range foi de 55° a 65° (2θ) e a velocidade empregada foi de $0,5^{\circ}/2\theta/\text{minuto}$.

Como visto, no procedimento da DRX foram efetuadas um total de 176 análises.

5.4.2 Microscopia Ótica

Na identificação dos minerais componentes de uma assembléia, deve-se ter presente que, na maioria dos casos, não é suficiente uma única técnica de análise, fazendo-se necessário a conjugação de duas ou mais, conforme preconizado por SANT'AGOSTINO e KAHN (1997). Dessa forma, para se identificar outros minerais associados aos argilominerais na área estudada, empregou-se também as técnicas de microscopia ótica, pois, minerais com concentração abaixo de 5% em amostra, dificilmente será identificado através da DRX.

5.4.2.1 Microscópio estereoscópico

Os microscópios estereoscópicos ou lupas binoculares, constituem-se como recursos imprescindíveis na caracterização e na identificação de minerais. Tais equipamentos tem recursos de luz incidente e possibilitam obter dados sobre as partículas ou grãos minerais, tais como formas/hábitos, características de superfície, cor e associações minerais. Usando-se lupa binocular com aumento de 20 X pertencente ao Departamento de Geociências da UFAM, foram efetuados estudos mineralógicos no resíduo das análises granulométricas, correspondente a fração > 400 mesh. Nesse procedimento foram analisadas 44 amostras representativas de 40 furos de sondagem, conforme citadas no item 5.4.1.

5.4.2.2 Microscópio petrográfico

Os microscópios petrográficos com recurso de observação em luz transmitida e/ou refletida, possuem capacidade de aumento de 30 a 1.000 vezes, podendo atingir a 2.000 vezes. O microscópio petrográfico usado nas análises foi o de modelo ZEISS – West Germany, cujos aumentos variaram entre 31,2 x a 787 x. A preparação das lâminas e os estudos petrográficos foram efetuados no laboratório da CPRM – Manaus. Os estudos petrográficos foram efetuados em 44 lâminas delgadas, representativas de 44 amostras de sedimentos argilosos já referidas no item 5.4.1. Com tais estudos, foi possível a identificação de vários minerais e de fragmentos de rocha que ocorrem associados aos argilominerais na área desta dissertação.

5.4.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Segundo SANT'AGOSTINO e KAHN (1997), a microscopia eletrônica de varredura fornece imagem correspondente ao resultado da interação de um feixe de elétrons com a amostra, permitindo aumentos de 30 a 100.000 vezes. Na área da geologia, essa ferramenta é usada para identificar minerais de granulação extremamente fina, estudar sua morfologia, examinar a distribuição dos minerais com os poros nas rochas e onde normalmente o aumento das imagens ficam entre 10 vezes e 20.000 vezes (WELTON, 1984). Para a efetivação das análises por esse recurso, as amostras precisam ser recobertas por uma película condutora, as quais podem ser observadas diretamente sob a forma de grãos ou partículas coladas a um suporte. O microscópio eletrônico de varredura quando associado com detectores de elétrons retroespalhados, permite a distinção entre espécies minerais pela diferença de número atômico médio dos elementos constituintes, os quais permitem um maior contraste nas imagens através de tons de cinza. A identificação de minerais por esse processo é auxiliada pela determinação da sua composição química, através de sistemas de micro-análises (análises pontuais). O método analítico empregado nesse processo é a espectrometria por fluorescência de raios-X, utilizando detector de dispersão de energia (EDS), fornecendo, desse modo, análises semi-quantitativas.

Os estudos de MEV foram efetuados no Laboratório Institucional de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi, utilizando-se um microscópio eletrônico LEO modelo 1450VP. As amostras foram montadas em suportes de alumínio com 10 mm de diâmetro e metalizadas com Au durante 2 minutos e trinta segundos. Para a obtenção das imagens tanto com detector de elétrons secundários quanto retroespalhados, foi utilizada aceleração de voltagem de 15 kV. As micro-análises foram realizadas através do detector de EDS (Energy Dispersive Spectrometer) marca Gresham, equipado com janela de Be e acoplado ao MEV. Nas análises efetuadas o aumento nas imagens variou de 750 vezes a 10.000 vezes.

No MEV foram analisadas 17 amostras de material argiloso, representativas de 17 furos de sondagem da área em estudo, assim distribuídas: Fazenda Santa Cecília (amostras SR-L-04, SR-L-09, SR-L-33, SR-L-37e SR-L-41). Fazenda Brasilândia (amostras SR-L-47, SR-L-49, SR-L-53, SR-L-59 e SR-L-67). Formação Boa Vista (amostras SR-L-01, SR-L-63, SR-L-70, SR-L-73 e SR-L-75). Argila derivada de basalto do Complexo Vulcânico Apoteri (amostra SR-L-22) e argila da Aluvião do rio Quitauaú (amostra SR-L-25). Os estudos de MEV objetivaram identificar os argilominerais presente nos sedimentos, bem como estudá-los sob o ponto de vista de sua morfologia.

5.5 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram efetuadas no Laboratório de Análises Mineraias da CPRM (LAMIN), no Rio de Janeiro. SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O₃, CaO, MgO, MnO, P₂O₅ e TiO₂ foram determinados através de fluorescência de raios X com uso de pastilha fundida com tetraborato de lítio. O método empregado para a determinação de FeO foi o volumétrico/titulometria, enquanto que para a perda ao fogo (P.F.) foi o gravimétrico com emprego de mufla a 900°C. Para a determinação de B, Ba, Mo, Sr, Y, Sc, Sn, As, Cu, Pb, Zn, V, Cr, Co e Ni o método utilizado foi o de Espectroscopia Ótica de Plasma (ICP/OES), cuja abertura foi feita com água régia. Para determinação de carbono orgânico total foi empregado o forno de indução do tipo QUINITRON com detector de CO₂. Foram analisadas 39 amostras de sedimentos argilosos, representativas de 39 furos de sondagem, conforme já referidas no item 5.4.1, à exceção daquelas relacionadas ao furo F-143.

5.6 ANÁLISES PALINOLÓGICAS

As análises palinológicas foram efetuadas no Laboratório de Análises Mineraias da CPRM (LAMIN). O método consistiu no emprego de 40g de amostra, a qual foi submetida a tratamento químico com ácido fluorídrico em repouso durante uma noite, a fim de destruir os silicatos presentes. Em seguida, a amostra foi lavada, de maneira que o sedimento não apresentasse resquícios de HF. O sedimento decantado juntamente com a matéria orgânica presente foram então pipetados e colocados sobre uma lamínula em uma placa aquecedora com temperatura de aproximadamente 30°C. As lamínulas devidamente secas foram coladas com entellan em lâminas de vidro e identificadas. Para a determinação dos palinomorfos foi utilizado o microscópio Carl Zeiss – tipo universal, cujas fotomicrografias registradas apresentam aumento variando de 25 a 40 vezes. Foram efetuadas 9 análises palinológicas em amostras compostas e representativas de 2 furos de sondagem, conforme descritos a seguir:

a) Furo F-25 (Aluvião do rio Quitauaú)

<u>Intervalo amostrado (m)</u>	<u>Nº amostra</u>
0,0 – 1,0	SR-L-25A
1,0 – 2,0	SR-L-25B
2,0 – 3,0	SR-L-25C
3,0 – 4,0	SR-L-25D

b) Furo F-143 (Fazenda Santa Cecília)

<u>Intervalo amostrado (m)</u>	<u>Nº amostra</u>
0,0 – 1,0	SR-L-143A
1,0 – 2,0	SR-L-143B
2,0 – 3,0	SR-L-143C
3,0 – 3,5	SR-L-143D
3,5 – 3,6	SR-L-143E

5.7 DATAÇÃO GEOCRONOLÓGICA PELO MÉTODO DO ^{14}C

O método do ^{14}C é aplicado em materiais geológicos e biológicos relativamente jovens (até 70.000 anos). Ele se baseia no princípio que o ^{14}C é formado na atmosfera em função da ação de partículas de alta energia atuantes sobre átomos de ^{14}N . Ao se formar, o ^{14}C se combina com oxigênio, formando CO_2 que é absorvido por plantas e animais. Mesmo com o decaimento do ^{14}C para ^{14}N , sua contínua formação na atmosfera mantém a razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ constante, a qual é incorporada pelos organismos vivos. Ao morrer, o organismo deixa de absorver C, embora seu ^{14}C continue a decair para ^{14}N , alterando essa razão e iniciando a contagem do relógio geológico. Portanto, quanto mais tempo passar após a morte da planta ou do animal, menor será a quantidade de ^{14}C preservada. Comparando-se a razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ medida na amostra com a razão moderna universal, é então calculado o tempo decorrido desde a morte do organismo (TEIXEIRA et al., 2000).

A datação através do método radiométrico do ^{14}C foi efetuada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, na Universidade de São Paulo (USP), via síntese de benzeno e espectrometria de cintilação líquida. O material empregado nessa análise foi a amostra SR-L-143D, representativa do intervalo de 3,0 m - 3,5 m de profundidade do furo F-143 (Fazenda Santa Cecília), a qual corresponde a uma argila plástica cinza escura e com muita matéria orgânica decomposta (turfa).

5.8 TESTES TECNOLÓGICOS

Dois tipos de testes tecnológicos foram efetuados em argilas da área estudada, os quais serão vistos a seguir e foram executados no Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco-ITEP.

5.8.1 Testes para Verificação da Aplicabilidade das Argilas na Indústria da Cerâmica Branca

Os testes cerâmicos foram realizados com corpos de prova de 6,0 cm x 2,0 cm x 0,5 cm, moldados por prensagem sob pressão de 200 kgf/cm² (19,6 MPa), em massa semi-sêca de argila moída, passada em peneira ABNT de 80 mesh e submetidos à temperatura de 1250⁰C. Os parâmetros cerâmicos determinados a 1250⁰C foram: absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, retração linear, tensão de ruptura à flexão e cor.

Argilas que se prestam para cerâmica branca apresentam teores de FeO^t abaixo de 1,0 %, o argilomineral é a caulinita, podendo estar associada a illita ou montmorilonita, o conteúdo mínimo de partículas <2 μm é de 80%, a cor após a queima a 1.250⁰C deve ser branca, creme clara e/ou a mais clara possível nesse espectro de temperatura e deve ter resistência mecânica alta após a queima (SANTOS, 1989 e 1992).

Excepcionalmente, podem apresentar até um máximo de 4,0% de FeO^t , como é o caso das argilas caulínicas do Estado da Bahia estudadas pela COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL (2003).

Os ensaios foram efetuados em 8 amostras da Fazenda Santa Cecília (Área 1), representativas dos níveis argilosos de 8 furos de sondagem (amostras SR-L-26, SR-L-28, SR-L-32, SR-L-35, SR-L-37, SR-L-38, SR-L-40 e SR-L-42) e, tiveram como objetivo específico, verificar se tais argilas se prestam para uso na indústria da cerâmica branca. A escolha dessa área para tais testes deve-se ao fato que, as argilas dessa região, apresentaram os mais altos valores de Al_2O_3 e do módulo de tensão de ruptura à flexão (resistência mecânica), conforme resultado dos trabalhos de RIKER (2002).

5.8.2 Testes Específicos para Tijolos e Telhas

Nestes testes as amostras foram submetidas a ensaios cerâmicos realizados com corpos de prova de 20,0 cm x 2,0 cm x 1,0 cm, moldados no estado plástico por extrusão em maromba à vácuo de laboratório, que é o método recomendado pela AMERICAN CERAMIC SOCIETY (1928), *apud* SANTOS (1989) e submetidas à temperatura de 950°C. Os valores limites das características cerâmicas obtidos após a queima a 950°C adotados pelo ITEP na área da cerâmica vermelha são: Para tijolos manuais e prensados a tensão de ruptura à flexão mínima é de 20 kgf/cm² (1,96 MPa) , enquanto que para tijolos furados ela é no mínimo 65 kgf/cm² (6,37 MPa) e a absorção de água máxima tolerável é de 25%. Já para telhas, a tensão de ruptura à flexão mínima exigida é de 100 kgf/cm² (9,80 MPa) e a absorção de água máxima tolerável é de 20%. Observa-se a nível nacional uma certa desarmonia entre as instituições de pesquisa no que diz respeito à padronização de parâmetros para definir os tipos de materiais produzidos na área da cerâmica vermelha. Os parâmetros cerâmicos adotados por alguns institutos com seus respectivos produtos divergem, inclusive, da própria Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Assim é que, na **TABELA 5.2**, são mostrados os valores limites de parâmetros cerâmicos tais como absorção de água, tensão de ruptura à flexão e cor obtidos após a queima e seus produtos na área da cerâmica vermelha recomendados pelo Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco (ITEP), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), SANTOS (1975) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

As argilas mais adequadas para fabricação de tijolos e telhas no geral devem ser de fácil moldagem, ter tensão de ruptura à flexão médio a elevado, apresentar baixa porosidade aparente e baixa capacidade de absorção de água e não apresentar trincas e empenamentos após a secagem e queima (SANTOS, 1992). Uma cor vermelha e uniforme no produto final tem preferência no mercado regional (SILVA NETO e REZENDE, 1997). Os parâmetros cerâmicos determinados na temperatura de 950°C foram: absorção

de água, porosidade aparente, massa específica aparente, retração linear, tensão de ruptura à flexão e cor. Esse tipo de teste foi efetuado em 14 amostras da Fazenda Santa Cecília - Área 1 (SR-L-04, SR-L-06, SR-L-07, SR-L-09, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-27, SR-L-31, SR-L-33, SR-L-36, SR-L-39, SR-L-41 e SR-L-43), em 10 amostras da Fazenda Brasilândia - Área 2 (SR-L-47, SR-L-49, SR-L-50, SR-L-51, SR-L-53, SR-L-56, SR-L-59, SR-L-61, SR-L-62 e SR-L-67), em 1 amostra da Formação Boa Vista (SR-L-01) e em 1 amostra representativa da Aluvião do rio Quitauaú (SR-L-25), conforme observado em RIKER (2002).

TABELA 5.2 – Valores limites de parâmetros cerâmicos recomendados para fabricação de tijolos e telhas

	Massa cerâmica Manual, extrudada, prensada	Tijolos Manuais e prensados	Tijolos Furados	Tijolos de Alvenaria	Tijolos Tipo A	Tijolos Tipo B	Tijolos Tipo C	Telhas
ITEP ⁽¹⁾	Tensão de ruptura à flexão (mínima) da massa cerâmica a 110°C							
	Tensão de ruptura à flexão (mínima) após a queima a 950°C	20 Kgf/cm ² (1,96 MPa)	65 Kgf/cm ² (6,37 MPa)					100 Kgf/cm ² (9,8 MPa)
	Absorção de água (máxima) após a queima a 950°C	25%	25%					20%
	Cor após a queima a 950°C	Avermelhada /rosada	Avermelhada /rosada					Avermelhada/rosada
IPT ⁽²⁾	Tensão de ruptura à flexão (mínima) da massa cerâmica a 110°C		25 Kgf/cm ²	15 Kgf/cm ²				30 Kgf/cm ²
	Tensão de ruptura à flexão (mínima) após a queima a 950°C		55 Kgf/cm ²	20 Kgf/cm ²				65 Kgf/cm ²
	Absorção de água (máxima) após a queima a 950°C		25%					20%
	Cor após a queima a 950°C							
Santos (1975)	Tensão de ruptura à flexão (mínima) da massa seca a 110°C		25 Kgf/cm ²	15 Kgf/cm ²				30 Kgf/cm ²
	Tensão de ruptura à flexão (mínima) após a queima a 950°C		55 Kgf/cm ²	20 Kgf/cm ²				65 Kgf/cm ²
	Absorção de água (máxima) após a queima a 950°C		25%					20%
	Cor após a queima a 950°C		Vermelha	Vermelha				Vermelha
ABNT ⁽³⁾ : NBR 7170 (1983) e NBR 7172 (1987)	Tensão de ruptura à flexão (mínima) após a queima a 110°C							
	Tensão de ruptura à flexão (mínima) após a queima a 950°C				15,30 Kgf/cm ² (1,5MPa)	25,51 Kgf/cm ² (2,5MPa)	40,81 Kgf/cm ² (4MPa)	70 Kgf/cm ²
	Absorção de água (máxima) após a queima a 950°C							20%
	Cor após a queima a 950°C							

⁽¹⁾ Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco

⁽²⁾ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

⁽³⁾ Associação Brasileira de normas Técnicas

6. CONTEXTO GEOLÓGICO

6.1 SÍNTESE DA GEOLOGIA REGIONAL

O quadro geológico regional que engloba a área desta dissertação faz parte do Escudo das Guianas, conforme demonstrado por REIS e FRAGA (2000), (**FIGURA 6.1**) e encontra-se sintetizado no mapa geológico simplificado de FRAGA (2002), (**FIGURA 6.2**). Nesse contexto, as unidades geológicas encontram-se estruturadas segundo NE/SW (Domínio Cinturão Guiana Central) e NW/SE (Domínio Urariquera). As unidades que compõe o arcabouço geológico do Paleoproterozóico são: Suite Metamórfica Urariquera (ortognaisses), Grupo Cauarane (metavulcânicas e metassedimentos), Granitos Tipo S, Suite Metamórfica Rio Urubu (ortognaisses), Suite Intrusiva Pedra Pintada (granitóides preferencialmente granodioríticos), Grupo Surumu (vulcânicas ácidas e intermediárias) e Suite Intrusiva Saracura (granitóides preferencialmente ácidos). As unidades a seguir compõe o arcabouço geológico do Mesoproterozóico: Suite Máfica-Ultramáfica Uraricaá, Anortosito Repartimento, Suite Intrusiva Serra da Prata (charnockitos), Suite Intrusiva Mucajaí (granitóides e gnaisses) e Formação Tepequém (quartzo-arenitos e conglomerados diamantíferos e auríferos). O Fanerozóico engloba rochas sedimentares cretácicas do Hemigraben do Tacutu, bem como aquelas da Formação Boa Vista, tidas como de idade Terciária.

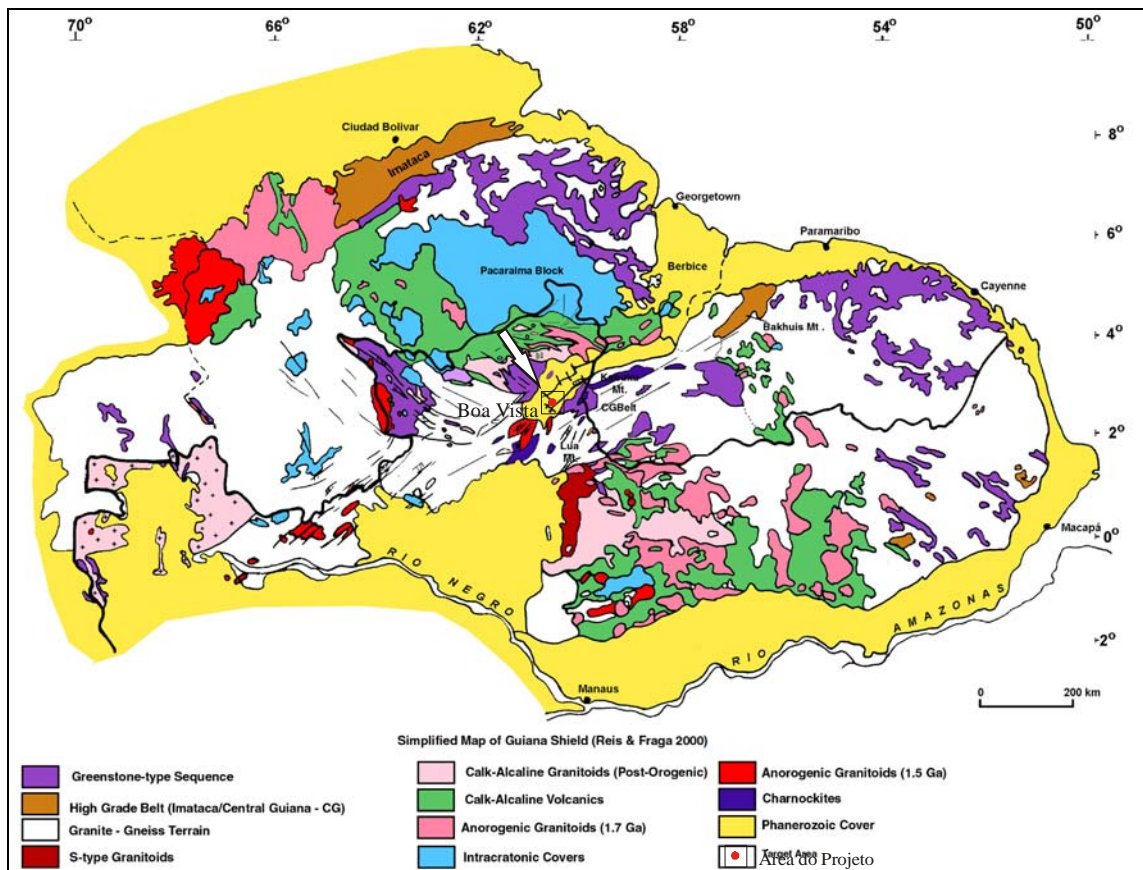


FIGURA 6.1 – Mapa geológico simplificado do Escudo das Guianas (REIS & FRAGA, 2000).

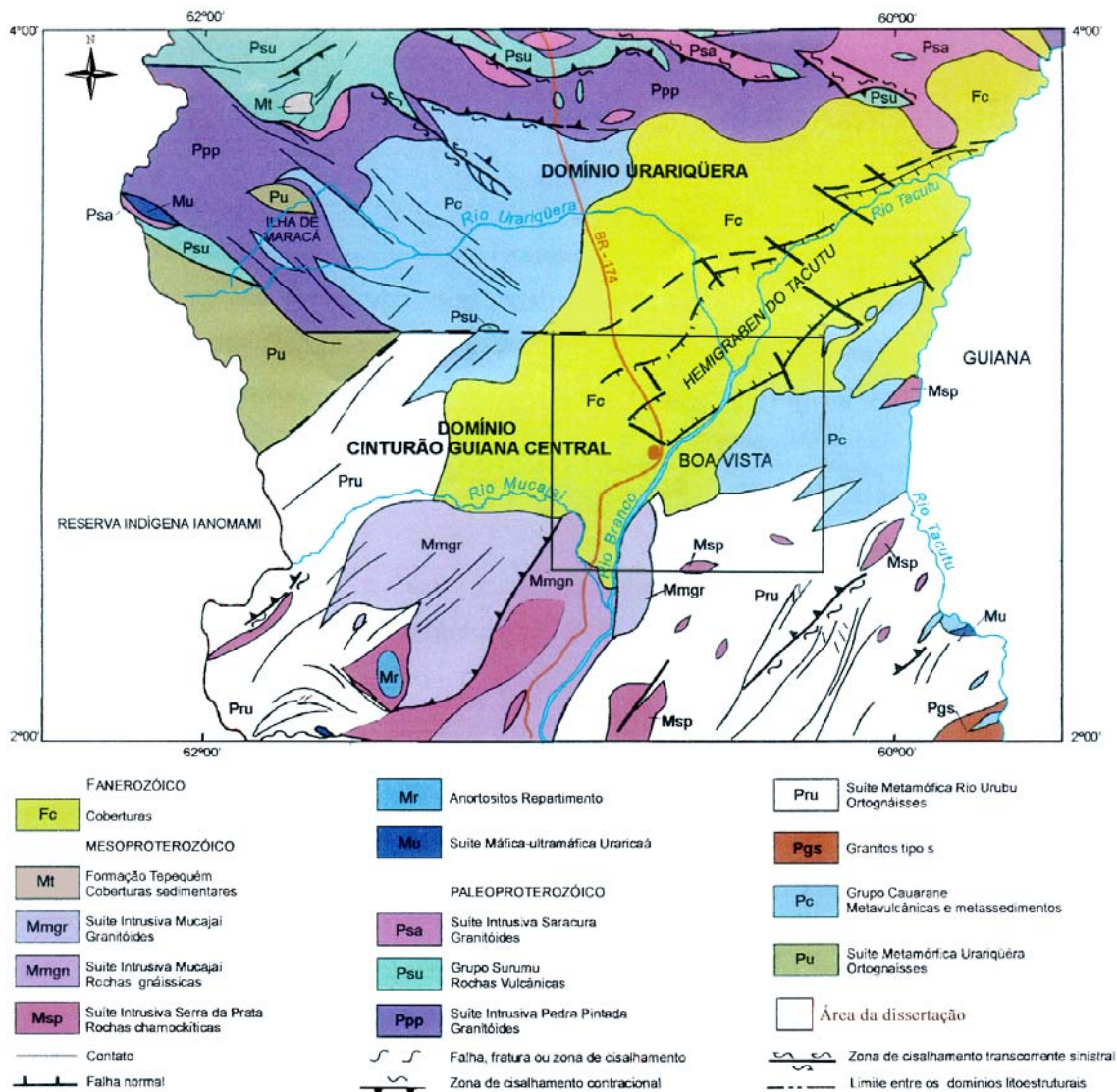


FIGURA 6.2 – Mapa geológico esquemático da área do Projeto Roraima Central (FRAGA, 2002).

6.2 GEOLOGIA LOCAL

O mapa geológico da área desta dissertação está representado na **FIGURA 6.3**, o qual foi elaborado baseando-se, em quase sua totalidade, nos trabalhos mais recentes efetuados no Estado de Roraima por RIKER (2002) e por REIS et al. (2002). O mapa geológico corresponde a uma área de aproximadamente 5.400 km² de superfície, sua coluna cronoestratigráfica é vista em detalhe na **TABELA 6.1** e o mesmo está caracterizado pelas seguintes unidades litoestratigráficas:

6.2.1 Grupo Cauarane (PPgc)

O Grupo Cauarane é a unidade geológica mais antiga mapeada na área em estudo. Sua seção tipo foi definida por MONTALVÃO e PITTHAN (1974) na serra Cauarane, a qual está localizada a mais ou menos 100 km ao norte da cidade de Boa Vista. Esses autores definiram a unidade como sendo constituída de intercalações de quartzitos, itabiritos, anfíbolitos, quartzo-mica xistos e anfibólio xistos.

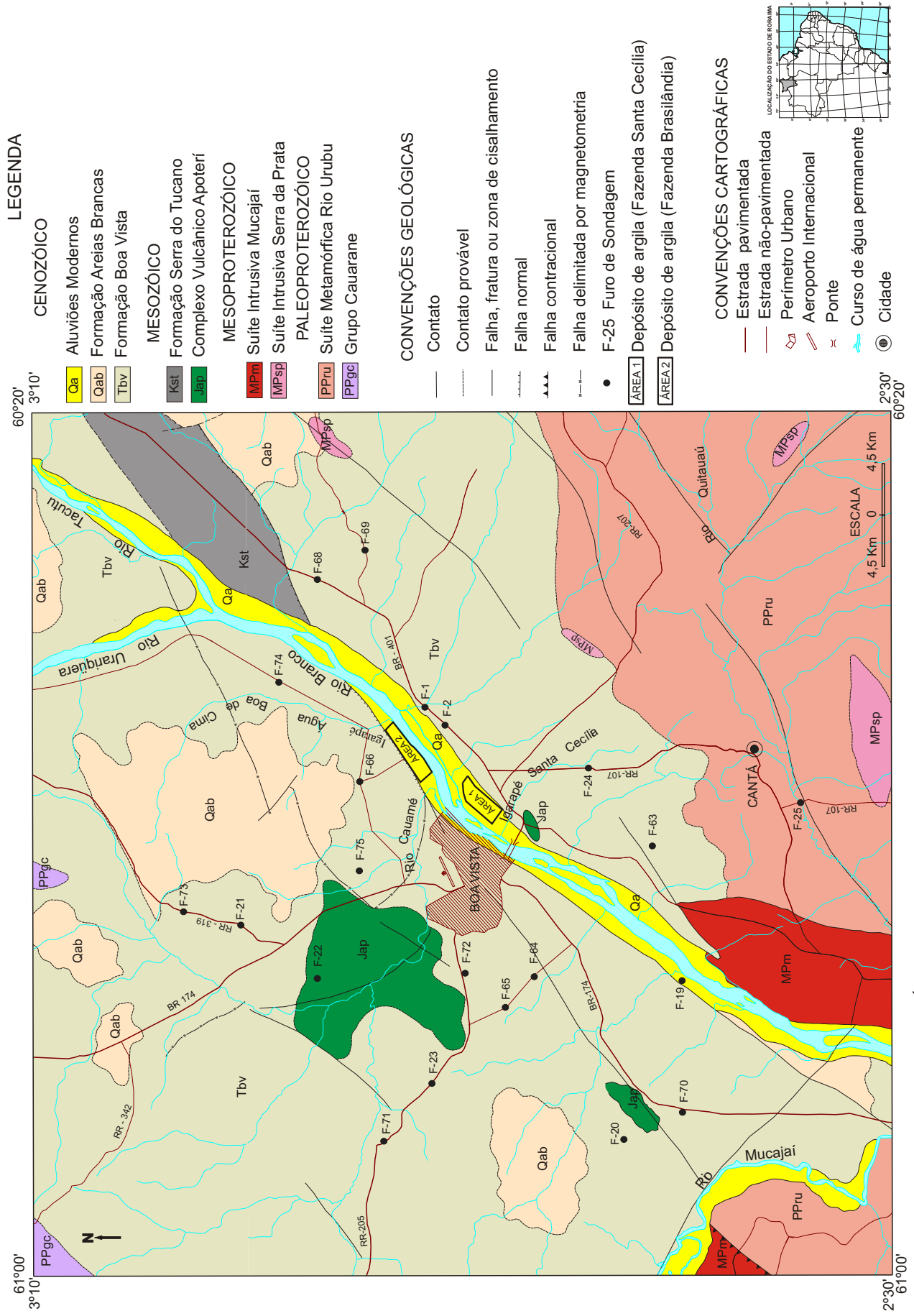


FIGURA 6.3 - Mapa Geológico da Área Estudada

Tabela 6.1 – Cronoestratigrafia da Área Estudada

ERA	PERÍODO (Ma)		UNIDADES GEOLÓGICAS
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	Qa Aluviões Modernos
		PLEISTOCENO 1,75	Qab Formação Areias Brancas
	TERCIÁRIO	NEÓGENO	Tbv Formação Boa Vista
		PALEÓGENO 65	
MESOZÓICA	96 CRETÁCEO		Kst Formação Serra do Tucano
	JURÁSSICO 240		Jap Complexo Vulcânico Apoteri
MESOPROTEROZÓICA	1400		
	CALIMIANO		MPm Suite Intrusiva Mucajaí MPsp Suite Intrusiva Serra da Prata
PALEOPROTEROZÓICA	1800		
	OROSIRIANO		PPru Suite Metamórfica Rio Urubu
	2050 RIACIANO		PPgc Grupo Cauarane
	2300		

No PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000), foram incluídos nesse grupo intercalações de talco-clorita-tremolita xistos, tremolita xistos, clorita-actinolita xistos, anfíbolitos, metacherts ferríferos, gonditos, gnaisses calcissilicáticos, paragnaisses e kinzigitos. Na área estudada esta unidade é representada por paragnaisses e subordinados xistos, anfíbolitos, metacherts ferríferos e gnaisses calcissilicáticos.

O mapa geológico (**FIGURA 6.3**), mostra que os litotipos dessa unidade ocupam duas pequenas faixas as quais estão localizadas no setor setentrional da área do projeto e, em parte, encontram-se estruturados segundo NE/SW, estando em conformidade com o Cinturão de Cisalhamento Guiana Central (COSTA et al., 1991). A idade do Grupo Cauarane está definida como Paleoproterozóica (Riaciano), haja vista que um zircão detrítico originado de um paragnaisses da região do Taiano (folha NA.20-X-B), apresentou uma idade de 2.235 ± 19 Ma pelo método U/Pb (GAUDETTE et al., 1997). No

que diz respeito à geotectônica, o Grupo Cauarane foi interpretado como uma sequência vulcano-sedimentar/químico-exalativa depositada em uma bacia retro-arco e metamorfsada por ocasião da orogenia Transamazônica, sendo que no contexto do Cráton Amazônico faz parte da Província Geocronológica Maroni-Itacaiunas (TASSINARI e MACAMBIRA, 1999) e se insere na Província Transamazônica (SANTOS et al., 2000).

6.2.2- Suite Metamórfica Rio Urubu (PPrU)

A formalização da Suite Metamórfica Rio Urubu foi efetivada pelo PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000), para englobar ortognaisses aflorantes na região do rio Urubu, anteriormente incluídos no Complexo Kanuku por FIGUEIREDO (1983); RAMGRAB (1984) e SANTOS e OLSZEWSKI (1988). Essa suite está representada por biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses, metagranitos, metagranodioritos e metatonalitos, com subordinadas lentes de quartzo-mangeritos, quartzo-jotunitos gnáissicos e leucognaisses. Essa unidade é mais nova que o Grupo Cauarane, haja vista que engloba xenólitos de litotipos daquele. Datações em ortognaisses pelo método U/Pb (zirção) e Pb/Pb (zircão), dão idades que variam entre 1.941 ± 10 Ma e 1.966 ± 37 Ma, que indicam seu posicionamento no Paleoproterozóico (Orosiriano).

Os litotipos ocupam preferencialmente o setor SE da área mapeada, com uma pequena faixa de ocorrência no setor SW (**FIGURA 6.3**), estão estruturados segundo NE/SW em conformidade com o Cinturão de Cisalhamento Guiana Central (COSTA et al., 1991) e exibem uma foliação desenvolvida sob condições de temperatura da fácies anfíbolito (FRAGA, 2002). Essa autora afirma que as características químicas dos gnaisses Rio Urubu são compatíveis com granitóides tipo I, pós-arqueanos e sugerem o retrabalhamento de fontes crustais com assinatura de subducção na geração do magma Urubu. A distribuição das rochas dessa suite no diagrama R_1R_2 com campos tectônicos discriminados segundo BATCHELOR e BOWDEN (1985), *apud* PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000), classifica os litotipos dessa suite como sin-colisionais e pós-orogênicos.

Em termos geotectônicos a Suite Metamórfica Rio Urubu é sugestiva de corresponder a um arco magmático onde seus protólitos foram metamorfsados por ocasião da orogenia Transamazônica. No contexto do Cráton Amazônico essa unidade faz parte da Província Geocronológica Ventuari-Tapajós (TASSINARI e MACAMBIRA, 1999) e se enquadra na Província Tapajós-Parima (SANTOS et al., 2000).

6.2.3 Suite Intrusiva Serra da Prata (MPsp)

A Suite Intrusiva Serra da Prata foi formalizada pelo PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000), para caracterizar rochas que afloram na região do rio Urubu e serras da Cigana, Balata e Prata. A **FIGURA 6.3** mostra que essa unidade ocorre sob forma de pequenos corpos lenticularizados, os quais estão representados por sieno a

monzogranitos e subordinados hiperstênio monzonitos, hiperstênio granodioritos e hiperstênio tonalitos. Datações efetuadas pelo método Sm/Nd (idade modelo) e Pb/Pb (zircão), indicam idades de 1.540 Ma e 1.564 Ma, respectivamente (GAUDETTE et al. 1996), o que permite posicionar essa unidade geológica como Mesoproterozóica (Calymmiano). Parte das rochas dessa unidade estão estruturadas em conformidade com o Cinturão de Cisalhamento Guiana Central de COSTA et al. (1991). O comportamento químico das rochas dessa suite é similar àqueles dos charnockitos ígneos descritos por KILPATRICK e ELLIS (1992), *apud* PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000), permitindo-se correlacioná-la como um magmatismo tipo C. As rochas dessa suite foram emplaçadas em ambiente anorogênico intra-placa, as quais em termos geotectônicos, podem ser enquadradas no contexto do Cráton Amazônico como pertencente à Província Geocronológica Rio Negro-Juruena de TASSINARI e MACAMBIRA (1999) e à Província Rio Negro (SANTOS et al, 2000).

6.2.4 Suite Intrusiva Mucajaí (MPm)

A Suite Intrusiva Mucajaí foi formalizada por FRAGA e REIS (1995) para designar granitóides que afloram na serra Mucajaí e na região do baixo curso dos rios Apiaú e Mucajaí. Conforme a **FIGURA 6.3**, essa unidade ocorre em duas pequenas faixas localizadas no setor Sul e SW da área do projeto de dissertação e está representada por sienos a monzogranitos, quartzo monzonitos e por quartzo sienitos, sendo que tal unidade foi considerada por RIKER e ARAÚJO (1996) como precursora de especialização estanífera no Estado de Roraima. São granitóides alcalinos a peralcalinos rapakivíticos do tipo A de idade Mesoproterozóica (Calymmiano), tendo em vista que uma datação pelo método U/Pb forneceu uma idade de 1.544 ± 42 Ma (GAUDETTE et al., 1996). Os dados de campo obtidos pelo PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000), indicam que a Suite Intrusiva Mucajaí é mais nova que a Suite Intrusiva Serra da Prata, haja vista que aquela engloba xenólitos dessa última.

As rochas dessa unidade estão em parte estruturadas segundo NE/SW, em conformidade com o Cinturão de Cisalhamento Guiana Central de COSTA et al. (1991). Em termos geotectônicos as rochas dessa unidade são enquadradas no contexto do Cráton Amazônico como pertencente à Província Geocronológica Rio Negro-Juruena (TASSINARI e MACAMBIRA, 1999) e à Província Rio Negro (SANTOS et al., 2000), sendo que as mesmas são consideradas como emplaçadas em ambiente anorogênico intra-placa.

6.2.5 Complexo Vulcânico Apoterí (Jap)

Os primeiros registros de lavas basálticas no Estado de Roraima, próximo à cidade de Boa Vista, foram efetuados por OLIVEIRA (1929) e PAIVA (1939), que as correlacionou ao Vulcanismo Roraima (Triássico). BARBOSA e ANDRADE RAMOS (1959), associaram as lavas basálticas aos “sills” máficos do Vulcanismo Roraima. RAMGRAB et al. (1972), formalizaram a Formação Vulcânica Apoteri, com base nas citações litoestratigráficas estabelecidas na Guiana por BARRON (1966), HAWKES (1966) e Mc.CONNELL et al. (1969), *apud* PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000). BOMFIM et al. (1974) simplificaram a denominação para Formação Apoteri. MONTALVÃO et al. (1975) incluíram nessa unidade corpos de natureza intrusiva (diques) e MELO et al. (1978) elevaram-na à categoria de suite. No PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000) essa unidade foi redefinida como Complexo Vulcânico Apoteri, permanecendo essa denominação nos projetos atuais.

Os litotipos que caracterizam essa unidade no Estado de Roraima são basaltos, andesitos e enxames de diques de diabásio. Na área estudada os litotipos são caracterizados por basaltos toleíticos de caráter continental que ocorrem a NW de Boa Vista (Serra de Nova Olinda), a SE e a SW da capital, sendo que tais derrames estão condicionados às margens do Hemigráben Tacutu (**FIGURA 6.3**). Apresentam coloração cinza escuro a esverdeada, são muito finos a afaníticos e com fraturas conchoidais. Na Serra de Nova Olinda o basalto mostra um nítido sistema poligonal de juntas verticais entrecortado por fendas secundárias de pequeno espaçamento. A tectônica rúptil atuante sobre essa unidade desenvolveu um sistema de fraturamento $N10^{\circ}W - 72^{\circ}SW$, $N50^{\circ}W - 50^{\circ}SW$ e $N10^{\circ}E - 65^{\circ}NW$ nos basaltos, sendo que tais fraturas encontram-se preenchidas por carbonato (calcita) de aspecto concrecionário/botroidal e de coloração esbranquiçada (região de Monte Cristo). Os basaltos apresentam amígdalas que são preenchidas por calcita, calcedônia, ágata e zeólita. Os perfis lateríticos desenvolvidos sobre essa unidade geológica apresentam crosta ferruginosa no topo sob a forma de concreções e esferólitos de hematita e goethita avermelhados, tipificando-os como autóctones imaturos, segundo os conceitos de COSTA (1991).

O basalto ocorre em pulsos sucessivos, às vezes com camadas sedimentares intercaladas, como é o caso da região da Serra de Nova Olinda que BOMFIM et al. (1974) determinaram nove pulsações, com as lavas intercaladas com arenitos, conglomerados arcoseanos e lamitos da base da Formação Tacutu em uma faixa muito restrita. No furo de sondagem 1-TU-1-RR efetuado pela PETROBRÁS no Hemigráben do Tacutu podem ser contados, pelo menos, 18 pulsos magmáticos principais nos 385 m de basalto perfurados na seção basal, conforme mostrado por EIRAS e KINOSHITA (1990).

Na Guiana, alguns afloramentos mostram feições almofadadas, o que levou BERRANGÉ e DEARLY (1975) a concluir que pelo menos alguns dos derrames ocorrem subaquosamente. Esses mesmos autores afirmam que os derrames basálticos a nível regional estão condicionados ao interior e as margens do “Gráben do Tacutu”.

Em termos geocronológicos, ocorrem duas faixas bem distintas de idades nessa unidade geológica:

- Permo-Triássica: 250 – 200 Ma (K/Ar)
- Juro-Cretácea: 200 – 125 Ma (K/Ar)

Em termos geotectônicos, as pulsações vulcânicas estão relacionadas às primeiras manifestações de caráter pré-rifte, onde as idades entre 250 – 200 Ma relacionam-se à abertura do Atlântico Norte, enquanto que idades entre 200 – 125 Ma relacionam-se à abertura do Atlântico Sul, segundo LEAL (1997). O rifte Tacutu foi instalado no sentido NE/SW, ocupando anisotropias mais antigas do Cinturão de Cisalhamento Guiana Central de SENA COSTA et al. (1991).

6.2.6 Formação Serra do Tucano (Kst)

A Formação Serra do Tucano foi inicialmente denominada de Arenito Tucano por CARNEIRO, ANDRADE e SILVA (1968) e por BRASIL e LIMA (1980). Passou a ser denominada informalmente de Formação Tucano por EIRAS e KINOSHITA (1987), que a interpretaram como depositada em ambiente deltáico. Foi redefinida por REIS et al. (1994) como Formação Serra do Tucano, onde esses autores caracterizaram um pacote de mais ou menos 150 m de espessura constituído de intercalações de arenitos conglomeráticos, quartzo-arenitos, arenitos arcoseanos e siltitos ocorrentes na serra homônima como de ambiente continental (fluvial) e que correspondem ao topo da sedimentação cretácea do Hemigráben Tacutu (Aptiano/Albiano). As seções sísmicas efetuadas pela PETROBRÁS no Hemigráben Tacutu mostram que essa formação pode atingir até 2.200 m de espessura, a qual encontra-se em grande parte preservada no baixo estrutural do Tucano.

A Formação Serra do Tucano corresponde à fase final “rifte” da evolução tectonossedimentar da Bacia Sedimentar Mesozóica do Tacutu, a qual, segundo EIRAS e KINOSHITA (1987), foi caracterizada por estiramento crustal, subsidência e seguida de colmatção. Esse rifte é conhecido na Guiana como “*North Savannas Rift Valley*”, é tipificado como intracontinental, foi instalado na área cratônica do Escudo das Guianas, apresenta-se alongado na direção NE-SW, tem cerca de 300 km de comprimento e largura variando de 30 a 50 km. No lado brasileiro, o rifte Tacutu possui cerca de 5.280 km² de superfície e, no lado Guianense, ocupa uma área de 7.190 km², sendo que o pacote sedimentar e vulcano-sedimentar preservado no gráben alcança localmente mais de 7.000m de espessura. As análises dos dados aeromagnéticos dessa bacia mostram que

as falhas nas bordas representadas em trabalhos anteriores como feições alongadas e contínuas, na realidade aparecem segmentadas quando analisadas em detalhe, enquanto que, através da análise dos dados gravimétricos, foi possível delinear os principais depocentros do rifte Tacutu (MIRANDA, 1998).

A fase “pós-rifte” está representada por uma quiescência tectônica que se estabeleceu do Neocretáceo até o Terciário (Oligoceno). No Terciário (Mioceno), toda seção sedimentar cretácea do Hemigraben Tacutu foi afetada por um tectonismo relacionado à uma intrincada movimentação das placas oceânicas de Nazca, Cocos e Caribe contra a placa continental da América do Sul, onde os movimentos compressivos tiveram reflexos na bacia do Tacutu, gerando transcorrências e dobramentos em toda a seção sedimentar, conforme atestado por EIRAS e KINOSHITA (1987).

Na área do projeto, a Formação Serra do Tucano ocupa uma estreita faixa localizada no setor NE, conforme visto na **FIGURA 6.3** e é constituída de quartzo-arenitos e siltitos avermelhados.

6.2.7 Formação Boa Vista (Tbv)

A unidade geológica “Formação Boa Vista” foi proposta por BARBOSA e ANDRADE RAMOS (1959), para englobar “uma delgada sedimentação arenosa, de cores claras, cimento argiloso, intercalando camadas seixosas”. Os autores mencionam ainda a ocorrência de concreções lateríticas nessa unidade.

CARNEIRO et al. (1968), assinalam nessa unidade a presença de argila cinza, areia, além de arenitos muito friáveis, seixosos, avermelhados, argilitos arenosos e concreções lateríticas.

RIKER (1997) considerou essa unidade como de idade pliocênica, a qual está representada por leques aluviais proximais, caracterizados por paraconglomerados polimífticos constituídos por seixos angulosos de metachert e quartzo leitoso que encontram-se lateritizados. Essa sedimentação evolui para ortoconglomerados até barras conglomeráticas nas áreas centrais do hemigráben. Também ocorrem níveis de arenito fino e friáveis. RIKER (2002), considerou a Formação Boa Vista como constituída de arenitos conglomeráticos, arcoseanos e arenitos grauváquicos intemperizados, depositados no Terciário (Neógeno).

No PROJETO RORAIMA CENTRAL (2000), os litotipos dessa unidade estão em conformação com aqueles descritos por RIKER (1997), porém, a idade dessa formação ficou estabelecida no Terciário (Paleoceno/Eoceno).

Na área deste projeto a Formação Boa Vista está constituída de arenitos conglomeráticos e grauvacas, onde essas últimas encontram-se em avançado estágio de alteração intempérica, conforme atestado nos furos de sondagem. O ambiente de sedimentação dessa unidade corresponde a leque aluvial médio a distal e sua idade é

considerada como Terciária (Neógeno). Conforme visto na **FIGURA 6.3**, essa é a unidade geológica de maior distribuição areal verificada na área deste projeto de dissertação.

6.2.8 Formação Areias Brancas (Qab)

A Formação Areias Brancas, definida por REIS et al. (2002), corresponde a campos de areias na forma de dunas eólicas estacionárias ou arrasadas, sendo que suas áreas de ocorrência estão preferencialmente situadas no setor setentrional e nordeste da área deste projeto. Como se observa na **FIGURA 6.3**, todas as faixas aflorantes dessa unidade encontram-se em contato com a Formação Boa Vista.

As areias dessa formação são interpretadas pelo autor desta dissertação como o resultado de um processo de podzolização. O intemperismo químico atuante sobre as grauvacas da Formação Boa Vista, promoveu a destruição das argilas do topo dessa unidade geológica, deixando um acúmulo de material arenoso “lavado” na parte mais superior do perfil e ocasionou um rebaixamento da superfície, conforme constatado nas sondagens executadas por RIKER (2002). Posteriormente, essas areias foram submetidas a retrabalhamento eólico. A acidólise é acelerada em função da presença dos ácidos orgânicos derivados da decomposição da matéria vegetal existente (capim), tornando as soluções intempéricas ainda mais ácidas. Esse processo intempérico que dá origem ao sistemático rebaixamento da superfície, promove a formação de inúmeros lagos bem arredondados na região, criando assim um relevo que se assemelha, em muito, ao desenvolvido em regiões tipicamente cársticas. A matéria vegetal decomposta está caracterizada, em parte, por níveis superficiais de turfa que alcançam até 20cm de espessura e que ocorrem nas áreas rebaixadas. Essa substância vem sendo extraída na época de verão quando a maioria dos lagos secam e vem tendo seu emprego imediato na área da agricultura. A Formação Areias Brancas é tida como de idade Quaternária (Pleistocênica).

6.2.9 Aluviões Modernos (Qa)

As Aluviões Modernos vistas na **FIGURA 6.3**, fazem parte de um sistema fluvial meandrante e são caracterizadas por depósitos residuais de canal (seixos), depósitos de canal ou barras de meandros (areias), depósitos de barras de canal (areias) e depósitos típicos de planície de inundação (argilas, siltes e turfas). Os depósitos desse sistema deposicional estão compatíveis com aqueles do quaternário propostos por SUGUIO (1980). Os seixos, areias, siltes e argilas correspondem ao desmantelamento das unidades mais antigas que foram erodidas, transportadas e depositadas nas aluviões, onde na grande maioria constituem-se como bens minerais com largo emprego na área da construção civil. As argilas, notadamente, apresentam grande potencialidade de

ocorrência nas extensas planícies de inundação do rio Branco, onde vem sendo empregadas atualmente no fabrico de tijolos e telhas.

RIKER (2002), destaca a grande potencialidade de argila para cerâmica vermelha não só nos depósitos de planície de inundação do rio Branco (Fazenda Santa Cecília e Fazenda Brasilândia), mas também naqueles da planície de inundação do rio Quitauaú, localizada no setor meridional da área deste projeto de dissertação, ao sul da cidade de Cantá. Essa unidade geológica é tida como holocênica.

7. RESULTADOS OBTIDOS

7.1 FAZENDA SANTA CECÍLIA (ÁREA 1)

7.1.1 Caracterização Litológica

O depósito da Fazenda Santa Cecília é caracterizado por um pacote de argila aflorante, contínuo e onde a mesma foi classificada no campo como contendo uma boa plasticidade. Nos 22 perfis litológicos estudados a argila tem cor predominantemente creme, sendo que em alguns horizontes ela apresenta-se creme a cinza, creme acinzentada a esverdeada, cinza propriamente dito e chegando até cinza escura. Frequentemente as argilas encontram-se associadas com óxi-hidróxido de ferro, o que dá às mesmas um caráter variegado. O pacote argiloso desse depósito apresenta espessura que varia entre 2,0 m e 6,25m e se sobrepõe de uma maneira geral a um delgado pacote de argila arenosa creme a cinza esbranquiçada, como é o caso dos furos F-04, F-06, F-07, F-11, F-26, F-27, F-28, F-31, F-32, F-33, F-37, F-39 e F-42 (**FIGURA 7.1**). Nos furos F-15 e F-38 o pacote de argila se sobrepõe diretamente ao nível de areia. Na base dos níveis argilosos dos furos F-09, F-17, F-40 e F-41, ocorrem fragmentos de crosta sílico-ferruginosa avermelhada o que impediu o avanço das sondagens.

7.1.2 Caracterização Granulométrica

Nos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília a fração argila (média de 58,06%) é dominante sobre as frações silte (média de 27,28%) e areia (média de 14,66%), conforme observado na **TABELA 7.1**. O comportamento da distribuição das frações argila, silte e areia é visto no diagrama ternário (**FIGURA 7.2**) onde as amostras SR-L-06, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-26 e SR-L-38 destacam-se das demais por apresentarem os maiores conteúdos da fração siltica que estão entre 40,20% e 46,89%. Tais amostras correspondem a furos de sondagem localizados na borda noroeste do depósito de Santa Cecília.

7.1.3 Caracterização Mineralógica

Os minerais que compõem os sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília e que foram caracterizados pela DRX serão descritos a seguir:

CAULINITA - É o argilomineral que predomina. Em todas as amostras brutas analisadas esse mineral se expressa nos difratogramas por reflexões relativamente largas nos planos 001, 020 e 002, distâncias interplanares variam de 7,101Å a 7,264 Å, 4,414Å a 4,498Å e 3,555Å a 3,597Å, respectivamente e ocorrem em 2θ entre $12,17^\circ$ e $12,45^\circ$, $19,72^\circ$ e $19,99^\circ$ e $24,73^\circ$ e $25,03^\circ$, respectivamente. Nas amostras SR-L-04, SR-L-09, SR-L-15, SR-L-26, SR-L-27, SR-L-28, SR-L-31, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-35, SR-L-36, SR-L-37, SR-L-40, SR-L-43, SR-L-143A, SR-L-143B, SR-L-143C, SR-L-143D e SR-L-143E, a caulinita ficou caracterizada no plano $\bar{2}01$, cujos difratogramas mostram reflexões

abertas, distâncias interplanares entre 2,563Å e 2,575Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 34,81 $^{\circ}$ e 34,98 $^{\circ}$. As pequenas variações observadas nas distâncias interplanares de várias amostras em um mesmo plano são produtos do efeito matriz.

Em lâminas orientadas secas ao ar, correspondente a fração argila, a caulinita está presente em todas as amostras analisadas nos planos 001 e 002, cujos difratogramas mostram reflexões relativamente bem definidas, distâncias interplanares entre 7,130Å a 7,349Å e 3,572Å a 3,622Å, respectivamente e $^{\circ}2\theta$ entre 12,03 $^{\circ}$ a 12,40 $^{\circ}$ e 24,56 $^{\circ}$ a 24,91 $^{\circ}$, respectivamente (**TABELA 7.2 e FIGURA 7.3**). Nas amostras SR-L-07, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-26, SR-L-27, SR-L-36 e SR-L-42, a caulinita caracteriza-se no plano 11 $\bar{1}$ com distâncias interplanares entre 4,141Å e 4,196Å e $^{\circ}2\theta$ entre 21,16 $^{\circ}$ e 21,44 $^{\circ}$. As reflexões são relativamente abertas e bem caracterizadas, com exceção da amostra SR-L-27, onde a reflexão não é visualizada no difratograma em virtude da intensidade ser muito baixa (**FIGURA 7.4**). Em lâminas aquecidas a estrutura da caulinita é destruída, desaparecendo assim suas reflexões nos difratogramas (**FIGURAS 7.5, 7.6 e 7.7**).

HINCKLEY (1963) *apud* CARROL (1970), estabelece o uso das reflexões nos planos 1 $\bar{1}0$ (20,4 $^{\circ}$ - $^{\circ}2\theta$) e 11 $\bar{1}$ (21,3 $^{\circ}$ - $^{\circ}2\theta$) para medir o índice de cristalinidade ou o grau de ordem/desordem estrutural da caulinita (Índice de Hinckley). Esse é um parâmetro fundamental nos estudos das características da estrutura cristalina desse mineral. Das 9 amostras escolhidas aleatoriamente da Fazenda Santa Cecília (SR-L-07, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-26, SR-L-27, SR-L-28, SR-L-36 e SR-L-42), **FIGURA 7.4**, nenhuma apresentou reflexão no plano 1 $\bar{1}0$. As reflexões correspondentes ao plano 11 $\bar{1}$ apresentam-se ligeiramente abertas e com intensidades baixas, com exceção da amostra SR-L-26 que apresentou intensidade alta. Salienta-se, inclusive, que na amostra SR-L-28 essa reflexão não ficou caracterizada. A ausência dessas reflexões, que não permite determinar o Índice de Hinckley nas caulinitas da fazenda Santa Cecília, sugere seu alto grau de desordem estrutural (caulinitas desordenadas ou mal cristalizadas).

ILLITA - É um argilomineral relativamente abundante na Fazenda Santa Cecília. Nas análises de amostras brutas em corrida normal (3 $^{\circ}$ a 35 $^{\circ}$ - $^{\circ}2\theta$), a illita foi caracterizada nas amostras SR-L-07, SR-L-11, SR-L-27, SR-L-31, SR-L-36, SRL-43, SR-L-143A, SR-L-143B e SR-L-143D, pela reflexão no plano 002, que se mostra aberta e com baixa intensidade, distâncias interplanares entre 9,847Å e 10,006Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 8,83 $^{\circ}$ e 8,96 $^{\circ}$. Na amostra SR-L-27 a illita também ficou caracterizada no plano 114, onde a reflexão é aberta, a distância interplanar é de 3,212Å e ocorre em $^{\circ}2\theta$ de 27,75 $^{\circ}$ (**TABELA 7.3**).

Em lâminas orientadas secas ao ar, a illita só não está presente nas amostras SR-L-32, SR-L-37 e SR-L-41. Nas amostras SR-L-06, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-

26, SR-L-31, SR-L-39, SR-L-43 e SR-L-143E é expressa nos planos 002, 004 e 006, cujos difratogramas mostram reflexões abertas, de baixas intensidades, distâncias interplanares variam de 9,923Å a 10,346Å, 4,972Å a 5,055Å e de 3,325Å a 3,369Å, respectivamente e ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 8,56 $^{\circ}$ e 8,90 $^{\circ}$, 17,53 $^{\circ}$ e 17,83 $^{\circ}$ e 26,43 $^{\circ}$ e 26,79 $^{\circ}$, respectivamente. Nas amostras SR-L-04, SR-L-07, SR-L-11 e SR-L-27 a illita está caracterizada nos planos 002 e 006 em reflexões abertas, com baixa intensidade, distâncias interplanares variam entre 10,063Å a 10,324Å e 3,331Å a 3,336Å, respectivamente e ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 8,56 $^{\circ}$ e 8,78 $^{\circ}$ e 26,70 $^{\circ}$ e 26,74 $^{\circ}$, respectivamente. Nas amostras SR-L-09, SR-L-28, SR-L-33, SR-L-35, SR-L-36, SR-L-42, SR-L-143A, SR-L-143B, SR-L-143C e SR-L-143D a illita está caracterizada apenas no plano 006 em forma de reflexões largas, as distâncias interplanares variam entre 3,319Å e 3,370Å e ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 26,43 $^{\circ}$ e 26,84 $^{\circ}$. A ausência ou diminuição do número de reflexões em algumas amostras indica um menor conteúdo desse argilomineral no depósito de Santa Cecília, quando comparado com a caulinita.

Em lâmina glicolada a illita está presente no plano 002 nas amostras SR-L-09, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-37, SR-L-40 e SR-L-41, cujas reflexões são abertas e bem caracterizadas nos difratogramas (**FIGURAS 7.5, 7.6 e 7.7**), distâncias interplanares entre 9,888Å e 9,967Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 8,86 $^{\circ}$ e 8,94 $^{\circ}$. Na amostra SR-L-40 ela está presente no plano 004, cuja reflexão é aberta, de baixa intensidade, com distância interplanar de 4,963Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ de 17,86 $^{\circ}$ (**FIGURA 7.7**). A illita está presente também no plano 006 (amostras SR-L-09, **FIGURA 7.5** e SR-L-33), cuja reflexão é larga, de baixa intensidade, distância interplanar de 3,337Å e 3,347Å, respectivamente e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ de 26,69 $^{\circ}$ e 26,61 $^{\circ}$, respectivamente.

Em todas as lâminas aquecidas (amostras SR-L-09, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-37, SR-L-40 e SR-L-41), a illita está presente no plano 002, cuja reflexões são abertas, de intensidades máximas, distâncias interplanares entre 9,850Å e 9,908Å, ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 8,92 $^{\circ}$ e 8,97 $^{\circ}$, estando bem caracterizadas nos difratogramas onde, em geral, se destacam em relação às das lâminas secas ao ar e glicoladas (**FIGURAS 7.5, 7.6 e 7.7**). Nas amostras SR-L-32 e SR-L-40 a illita reflete no plano 004 de forma aberta, com baixa intensidade, distância interplanar de 4,986Å e 4,990Å, respectivamente e $^{\circ}2\theta$ em 17,77 $^{\circ}$ e 17,76 $^{\circ}$, respectivamente. Na amostra SR-L-40 (**FIGURA 7.7**), essa reflexão ocorre de forma mais destacada que em lâmina orientada seca ao ar e glicolada. Esse mineral caracteriza-se também nos planos 110 (amostras SR-L-32, SR-L-33, SR-L-37, SR-L-40 e SR-L-41) sob forma de reflexões largas e pouco destacadas nos difratogramas, distâncias interplanares entre 4,476Å e 4,892Å e em $^{\circ}2\theta$ entre 19,70 $^{\circ}$ e 19,82 $^{\circ}$. No plano 114 a illita ocorre nas amostras SR-L-32, SR-L-37, SR-L-40 e SR-L-41, onde as reflexões estão bem caracterizadas nos difratogramas de forma fechada, confundindo-se praticamente com as

do quartzo (**FIGURAS 7.6 e 7.7**), distâncias interplanares entre 3,506Å e 3,514Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 25,33 $^{\circ}$ e 25,38 $^{\circ}$.

ARGILOMINERAL EXPANSIVO NÃO IDENTIFICADO - Esse mineral ocorre de forma muito discreta na Fazenda Santa Cecília e foi detectado nas amostras SR-L-09, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-37 e SR-L-41. Ficou caracterizado a partir de análise de lâmina orientada seca ao ar com corrida normal (3° a $35^{\circ} - ^{\circ}2\theta$), cujas reflexões são pouco destacadas nos difratogramas. Na análise de detalhe em corrida lenta das lâminas orientadas secas ao ar (3° a $10^{\circ} - ^{\circ}2\theta$), esse argilomineral apresenta reflexões abertas, intensidades máximas, distâncias interplanares variando entre 12,214Å e 12,397Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 7,12 $^{\circ}$ e 7,23 $^{\circ}$. Em lâminas glicoladas observa-se a expansão da estrutura desse mineral e o deslocamento das reflexões para a esquerda, cujas distâncias interplanares ficam variando entre 14,936Å e 17,908Å e $^{\circ}2\theta$ passa a ocorrer entre 5,38 $^{\circ}$ e 5,91 $^{\circ}$. Com o aquecimento a estrutura desse argilomineral se contrai, as reflexões deslocam-se para a direita e apresentam-se relativamente largas com distâncias interplanares variando entre 9,850Å e 9,906Å, ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 8,92 $^{\circ}$ e 8,97 $^{\circ}$ e superpondo-se às da illita (**FIGURAS 7.5, 7.6 e TABELA 7.4**). Apesar da expansão apresentada por esse argilomineral quando glicolado, ele não pode ser considerado como esmectita, haja vista que as distâncias interplanares apresentadas encontram-se abaixo de 14Å. Provavelmente deva tratar-se de um argilomineral interestratificado.

CLORITA – Foi detectada apenas na amostra SR-L-40. Na análise de lâmina orientada seca ao ar em corrida normal (3° a $35^{\circ} - ^{\circ}2\theta$) sua reflexão é quase imperceptível. No detalhe em corrida lenta (3° a $10^{\circ} - ^{\circ}2\theta$) ela caracteriza-se no difratograma no plano 002 sob forma de reflexão bastante aberta, distância interplanar de 13,826Å e em $^{\circ}2\theta$ de 6,39 $^{\circ}$. Em lâmina glicolada a reflexão tem forma aberta, é mais expressiva que a da lâmina orientada seca ao ar, distância interplanar de 13,694Å e ocorre em 6,45 $^{\circ}$ ($^{\circ}2\theta$). Em lâmina orientada aquecida a reflexão tem intensidade menor, distância interplanar de 13,700Å e ocorre em $^{\circ}2\theta$ de 6,45 $^{\circ}$ (**FIGURA 7.7**). As características observadas na DRX estão de acordo com que preceitua TUCKER (1988) na identificação desse mineral.

GOETHITA - Esse mineral ficou constatado na DRX apenas na amostra SR-L-26, na lâmina orientada seca ar em corrida normal. Sua reflexão se dá no plano 110, tem formato aberto e pouco expressivo, distância interplanar de 4,160Å e $^{\circ}2\theta$ em 21,34 $^{\circ}$ (**FIGURA 7.8**).

QUARTZO - Esse tectossilicato é abundante na Fazenda Santa Cecília. Sua presença ficou constatada em todas as amostras brutas analisadas, caracterizando-se nos planos 100 e 101, cujas reflexões apresentam formatos bastante estreitos (**TABELA 7.5 e FIGURAS 7.3, 7.5, 7.6, 7.7 e 7.8**). No plano 100 as reflexões apresentam

distâncias interplanares entre 4,228Å e 4,280Å, ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 20,74 $^{\circ}$ e 21,00 $^{\circ}$, enquanto que no plano 101 as distâncias interplanares estão entre 3,330Å e 3,335Å e ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 26,50 $^{\circ}$ e 26,77 $^{\circ}$. Nas lâminas orientadas aquecidas referentes às amostras SR-L-09, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-37, SR-L-40 e SR-L-41, constatou-se também a presença do plano 100, cujas distâncias interplanares variam entre 4,230Å e 4,248Å e ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 20,89 $^{\circ}$ e 20,99 $^{\circ}$. No plano 101 as distâncias interplanares variam entre 3,330Å e 3,335Å e as reflexões ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 26,71 $^{\circ}$ e 26,79 $^{\circ}$.

Pelo estudo petrográfico e de lupa binocular foi possível a identificação de minerais e fragmentos de rochas que ocorrem associados aos argilominerais, bem como estudar suas formas, hábitos, associações etc., complementando dessa maneira os dados da DRX, conforme vistos a seguir:

QUARTZO - Sua presença foi verificada em todas as amostras analisadas. É anguloso, subanguloso a subarredondado. A granulação vai de tamanho silte à areia grossa e, em parte, apresenta-se fraturado (**FIGURAS 7.9 a 7.13**).

MUSCOVITA - Foi identificada nas amostras SR-L-06, SR-L-07, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-26, SR-L-38, SR-L-40, SR-L-41, SR-L-143A, SR-L-143B, SR-L-143C, SR-L-143D e SR-L-143E, especialmente em SR-L-15 (5%), SR-L-06 (4%) e SR-L-11 (1%). Tem hábito tabular e birrefringência alta (**FIGURA 7.9A**).

APATITA - Ocorre na forma de bastões como inclusões no quartzo nas amostras SR-L-06, SR-L-07, SR-L-27, SR-L-33 e SR-L-39 (**FIGURAS 7.9B, 7.11B, 7.12 e 7.13**).

RUTILO - Está na forma de agulhas como inclusões em alguns grãos de quartzo nas amostras SR-L-07, SR-L-27, SR-L-33, SR-L-36, SR-L-39 e SR-L-41. Em SR-L-07 e SR-L-33 encontra-se associado com a apatita (**FIGURAS 7.12 e 7.13**).

TURMALINA - Foi observada na forma de inclusões no quartzo nas amostras SR-L-15, SR-L-27 e SR-L-35. Na amostra SR-L-31 a turmalina ocorre livremente, tem hábito prismático e sua cor é parda (turmalina magnésiana).

ZIRCÃO - Foi constatado nas amostras SR-L-06, SR-L-07, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-26, SR-L-27, SR-L-28, SR-L-32, SR-L-35, SR-L-37, SR-L-38 e SR-L-41. É arredondado a subarredondado, esbranquiçado à acinzentado, fosco, tem hábito mais ou menos prismático e granulação fina.

PLAGIOCLÁSIO - Apresenta-se como traços e em avançado estágio de alteração intempérica. Ficou constatado nas amostras SR-L-06, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-27 e SR-L-32.

CALCITA - Foi detectada somente na amostra SR-L-32. Tem cor branca, aspecto nodular e reage bem ao HCl a 10%.

ILMENITA - Foi detectada em todas as amostras da Fazenda Santa Cecília em concentrações de até 2%. Tem cor preta, brilho metálico e, na maioria das vezes, apresenta-se com aspecto placóide.

MAGNETITA - Usando-se lupa binocular e com auxílio de imã, foi possível caracterizar a magnetita na maioria das amostras da Fazenda Santa Cecília. Tem cor preta, brilho metálico e granulação fina.

FRAGMENTO DE ROCHA GRANÍTICA - Com uso do microscópio petrográfico foi identificado grânulo de granito que ocorre associado aos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília na amostra SR-L-07, conforme evidencia a **FIGURA 7.10B**.

FRAGMENTO DE ROCHA CARBONÁTICA - Fragmentos arredondados de rocha carbonática (1%) ficaram caracterizados nos estudos petrográficos efetuados na amostra SR-L-07 (**FIGURA 7.11A**). Postula-se que sua origem esteja ligada aos calcários das formações cretáceas do Hemigráben Tacutu.

FRAGMENTO DE METACHERT - Fragmentos desse tipo rochoso tamanho areia grossa ficaram evidenciados na amostra SR-L-41 pelos estudos petrográficos. Sua derivação provem dos metacherts do Grupo Cauarane.

FRAGMENTO DE CROSTA FERRUGINOSA - Usando-se lupa binocular foi possível identificar fragmentos de composição sílico-ferruginosa e de coloração avermelhada que ocorrem na maioria das amostras da Fazenda Santa Cecília. Tais fragmentos ocorrem em concentrações que variam de 2% a 60% do total e apresentam granulação tamanho areia média até grossa. As maiores concentrações foram verificadas nas amostras SR-L-07, SR-L-26, SR-L-31, SR-L-43, SR-L-143A e SR-L-143B (40%, 20%, 30%, 60%, 30% e 50%, respectivamente).

FRAGMENTO DE GRAUVACA - A grauvaca presente sob forma de fragmentos tem granulação média, é friável, creme e é constituída por grãos de quartzo e matriz argilosa. Tais fragmentos perfazem de 2% a 10% do total dos clastos presentes e foram detectados nas amostras SR-L-28, SR-L-32, SR-L-33, SR-L-35, SR-L-36, SR-L-37, SR-L-38, SR-L-40 e SR-L-41. Os fragmentos de grauvaca são provavelmente derivados da Formação Boa Vista.

FRAGMENTO DE ARENITO - Ocorrem como traços apenas nas amostras SR-L-07, SR-L-28 e SR-L-37. São brancos e cremes, coesos e apresentam granulação tamanho areia média. Podem ser derivados da Formação Boa Vista como também das formações cretáceas do Hemigráben Tacutu.

FRAGMENTO DE QUARTZITO – Ocorre como traço nas amostras SR-L-09, SR-L-11 e SR-L-143E. Tem granulação tamanho areia média à grossa, é esbranquiçado, bastante coeso e deriva do Grupo Cauarane.

Utilizando-se a microscopia eletrônica de varredura foi possível caracterizar os minerais abaixo:

CAULINITA - Nas imagens de MEV referente as amostras SR-L-04, SR-L-09, SR-L-33, SR-L-37 e SR-L-41 ocorre com textura maciça e granulação muito fina (< 2µm), o que sugere uma origem detrítica (**FIGURAS 7.14 e 7.15A**). Apenas na amostra SR-L-04 (**FIGURA 7.14B**) observa-se textura tipo “books”, que se assemelha às caulinitas neoformadas estudadas por WELTON (1984). As análises de EDS mostram teores de SiO₂ entre 53,57% e 61,99% e de Al₂O₃ entre 33,88% e 40,49% que se afastam um pouco da composição estequiométrica da caulinita (46,45% e 39,50%, respectivamente). A explicação para esse fato é que além das análises de EDS serem semi-quantitativas, não foram levados em conta nas mesmas os teores de H₂O.

As imagens obtidas de elétrons retroespalhados com associação das análises de EDS, foi possível caracterizar os minerais abaixo relacionados que encontram-se associados com a caulinita:

ILMENITA - Esse mineral foi detectado na amostra SR-L-09, apresenta-se com diâmetro em torno de 8µm e tem brilho intenso (**FIGURA 7.15B**).

ZIRCÃO - Ficou caracterizado na amostra SR-L-37, seu diâmetro está em torno de 10µm e apresenta brilho intenso (**FIGURA 7.16A**).

MONAZITA - Foi detectada na amostra SR-L-37, tem brilho intenso e diâmetro aproximado de 10µm (**FIGURA 7.16B**).

GOETHITA - Foi detectada na amostra SR-L-41, apresenta-se de forma lenticular, seu comprimento está em torno de 30µm e apresenta brilho intenso.

Os minerais do depósito da Fazenda Santa Cecília que foram identificados nos estudos de DRX, petrografia, lupa binocular e MEV encontram-se listados na **TABELA 7.6**.

7.1.4 Caracterização Química

Os sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília se caracterizam quimicamente por apresentarem como teores médios um predomínio de SiO₂ (57,86%) e Al₂O₃ (23,40%) seguidos de Fe₂O₃ (4,20%), K₂O (1,27%), TiO₂ (0,91%), MgO (0,28%), onde o K₂O>MgO>Na₂O>CaO e onde o carbono orgânico total é baixo (0,33%), **TABELA 7.7**.

Em função de suas concentrações, os elementos traços estão distribuídos em 4 faixas, quais sejam: Bário na faixa com teor >100 ppm; Vanádio, B, Y, Cr, Pb, Zn e Cu entre 10 ppm e 100 ppm; Escândio, Sr, Ni, Co, As e Sn entre 1 ppm e 10 ppm e Mo <1

ppm. Os teores médios de B (33 ppm), Pb (15 ppm) e As (2 ppm) encontram-se acima da média Crustal, enquanto que Ba, V, Y, Cr, Zn, Cu, Sc, Sr, Ni, Co, Sn e Mo apresentam concentrações abaixo da média crustal (**TABELA 7.8**). Bário (média de 144 ppm) apresenta teores variando entre 107 ppm e 214 ppm, sendo que suas maiores concentrações foram observadas nas amostras SR-L-06 (214 ppm), SR-L-11 (171 ppm), SR-L-31 (157 ppm) e SR-L-43 (148 ppm). Os teores de V variam entre 28 ppm e 46 ppm e suas maiores concentrações estão nas amostras SR-L-43 (46 ppm), SR-L-15 e SR-L-31 (44 ppm, respectivamente), SR-L-36 (43 ppm) e SR-L-17 (42 ppm). As concentrações de B estão entre 20 ppm e 54 ppm, sendo que sua média (33 ppm) está acima da média crustal (10 ppm) e suas maiores concentrações foram observadas nas amostras SR-L-15 (54 ppm), SR-L-06 (45 ppm), SR-L-07 (40 ppm), SR-L-11 (39 ppm), SR-L-39 (36 ppm), SR-L-43 (35 ppm), SR-L-31 (34 ppm) e SR-L-17 (32 ppm). Os teores de Y variam entre 15 ppm e 20 ppm, sua concentração média é de 17 ppm e as maiores concentrações estão nas amostras SR-L-36 e SR-L-43 (20 ppm, respectivamente), SR-L-04, SR-L-09 e SR-L-17 (19 ppm, respectivamente), SR-L-27 e SR-L-31 (18 ppm, respectivamente). As concentrações do Cr variam entre 11 ppm e 23 ppm, sua média é de 16 ppm e as maiores concentrações estão nas amostras SR-L-15 (23 ppm), SR-L-07 e SR-L-43 (18 ppm, respectivamente), SR-L-06, SR-L-11 e SR-L-31 (17 ppm, respectivamente). As concentrações do Pb variam entre 12 ppm e 18 ppm, sua média (15 ppm) encontra-se acima da média crustal (13 ppm) e suas maiores concentrações foram verificadas nas amostras SR-L-27 (18 ppm), SR-L-07, SR-L-17 e SR-L-36 (16 ppm, respectivamente). Zinco com média de 12 ppm apresenta suas concentrações variando entre 7 ppm e 17 ppm, sendo que as maiores foram observadas nas amostras SR-L-15 (17 ppm), SR-L-06, SR-L-07, SR-L-39 e SR-L-43 (14 ppm, respectivamente). Cobre com média de 9 ppm apresenta variação de concentração entre 5 ppm e 13 ppm, sendo que as maiores estão nas amostras SR-L-27 e SR-L-43 (13 ppm, respectivamente), SR-L-41 (11 ppm), SR-L-07 (10 ppm), SR-L-04, SR-L-15, SR-L-17 e SR-L-36 (9 ppm, respectivamente). As maiores variações de concentração dentre os elementos traços estudados ocorrem com o Ba, B, V e Cr, seguidos do Zn, Cu, Sr, Pb, Y, Co, Ni e As (**FIGURA 7.17**).

Fazendo-se uma comparação dos valores médios dos elementos traços determinados com aqueles das unidades que compõe o quadro geológico regional da área em estudo (**TABELA 7.9**), constata-se que:

- Bário (144 ppm) mostra uma aproximação com as rochas calcissilicáticas do Grupo Cauarane (167 ppm);
- Vanádio (39 ppm), Sc (6 ppm) e As (2 ppm) mostram correspondência com as vulcânicas do Grupo Surumu (46 ppm), (6 ppm) e (<10 ppm), respectivamente;

- Ítrio (17 ppm) tem correspondência com os valores das argilas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri (18 ppm) e se aproxima dos hiperstênio gnaisses da Suite Metamórfica Rio Urubu (15 ppm);
- Chumbo (15 ppm) e Cr (16 ppm) se aproximam dos metacherts do Grupo Cauarane (24 ppm) e (17 ppm), respectivamente;
- Zinco (12 ppm) mostra uma aproximação com os leucognaisses da Suite Metamórfica Rio Urubu (18 ppm) e com a Formação Boa Vista (5 ppm);
- Cobre (9 ppm) se aproxima dos metacherts do Grupo Cauarane (15 ppm);
- Escândio (6 ppm) tem correspondência com as rochas vulcânicas do Grupo Surumu (6 ppm);
- Estrôncio (5 ppm) mostra correspondência com os Granitos tipo S (6 ppm);
- Níquel (3 ppm) e Co (3 ppm) mostram aproximação com as rochas da Formação Boa Vista (1 ppm) e (1 ppm), respectivamente;
- Estanho (1 ppm) guarda correspondência com as rochas da Formação Boa Vista (1 ppm) e com os paragnaisses e kinzigitos do Grupo Cauarane (2 ppm);
- Molibdênio (<0,2 ppm) tem correspondentes na Formação Boa Vista e nas argilas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri (<0,2 ppm), respectivamente.

Os valores médios apresentados pelo Cu (9 ppm), Y (17 ppm), Cr (16 ppm), Co (3 ppm) e Ni (3 ppm) mostram uma correspondência com a média das rochas graníticas de MASON (1966).

A caulinita, o argilomineral predominante, ficou também caracterizado pelas análises dos elementos maiores. No diagrama ternário $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de BOURMAN e OLLIER (2002), **FIGURA 7.18A**, observa-se que todas as amostras da Fazenda Santa Cecília encontram-se alinhadas no campo das caulinitas. Esse fato está compatível com o resultado das análises de DRX e MEV que mostram que a caulinita é o argilomineral predominante em todas as amostras analisadas.

Pela análise dos elementos maiores foi possível caracterizar litologicamente os sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília como predominantemente constituídos por folhelhos e, secundariamente como Fe-folhelhos, conforme mostrado no diagrama $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de HERRON (1988), **FIGURA 7.18B**.

No diagrama ternário $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SCHELLMANN (1983), **FIGURA 7.18C**, as amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília indicam “fraca lateritização”.

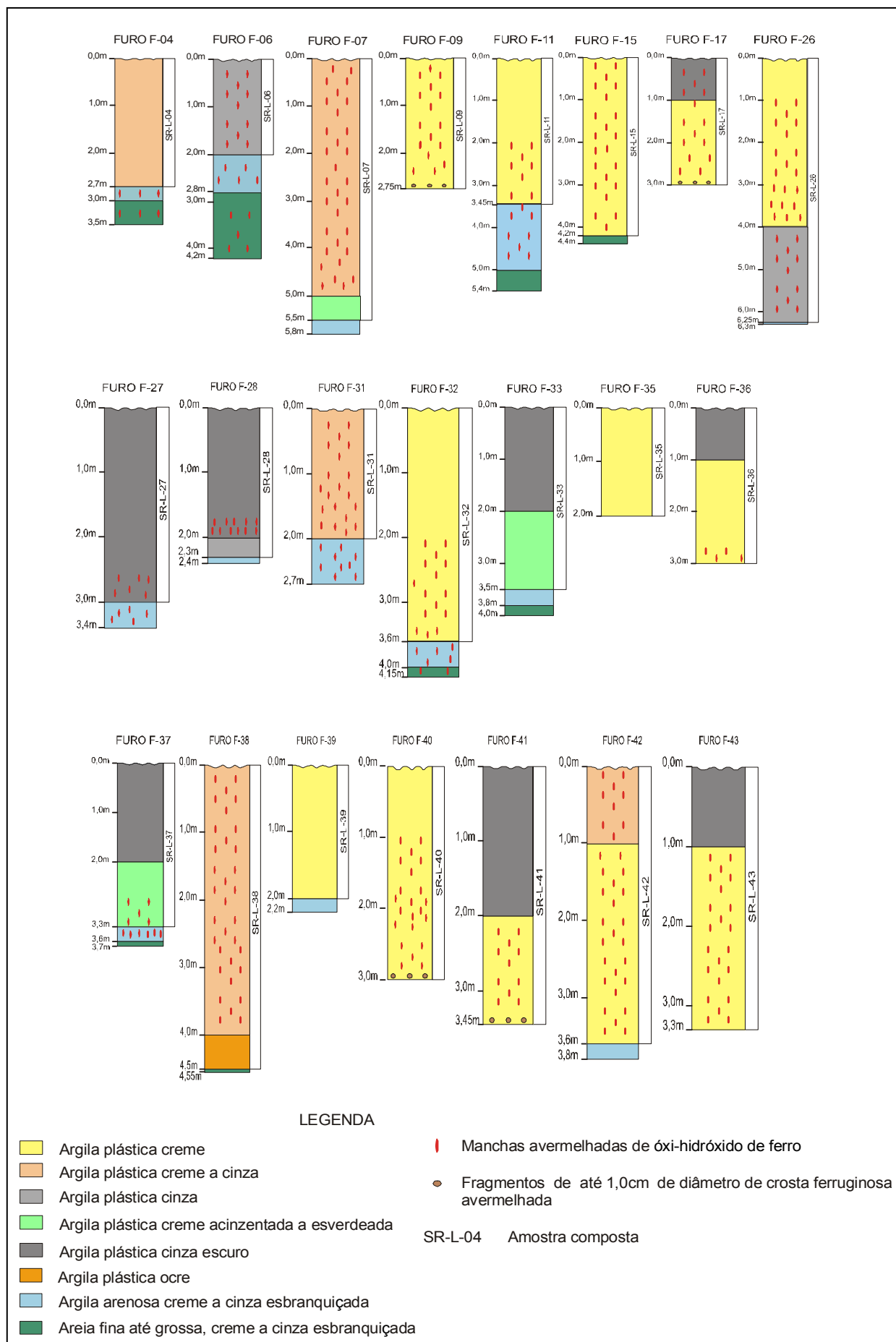


FIGURA 7.1 – Perfis litológicos de 22 furos de sondagem efetuados na Fazenda Santa Cecília.

TABELA 7.1 – Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos da Fazenda Santa Cecília (Área 1)

Amostra	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
SR-L-04	58,20	21,34	20,46
SR-L-06	37,33	42,28	20,39
SR-L-07	54,08	42,13	3,79
SR-L-09	63,51	28,00	8,49
SR-L-11	45,77	46,89	7,34
SR-L-15	37,50	46,38	16,12
SR-L-17	61,95	25,42	12,63
SR-L-26	33,69	44,50	21,81
SR-L-27	70,17	27,81	2,02
SR-L-28	62,16	27,49	10,35
SR-L-31	59,76	27,70	12,54
SR-L-32	56,60	23,61	19,79
SR-L-33	68,12	16,63	15,25
SR-L-35	54,51	24,20	21,29
SR-L-36	70,92	17,31	11,77
SR-L-37	58,82	10,41	38,77
SR-L-38	42,69	40,20	17,11
SR-L-39	55,55	25,67	18,78
SR-L-40	75,66	14,64	9,70
SR-L-41	70,46	12,66	16,88
SR-L-42	59,54	23,44	17,02
SR-L-43	84,81	13,67	1,52
Média	58,06	27,28	14,66

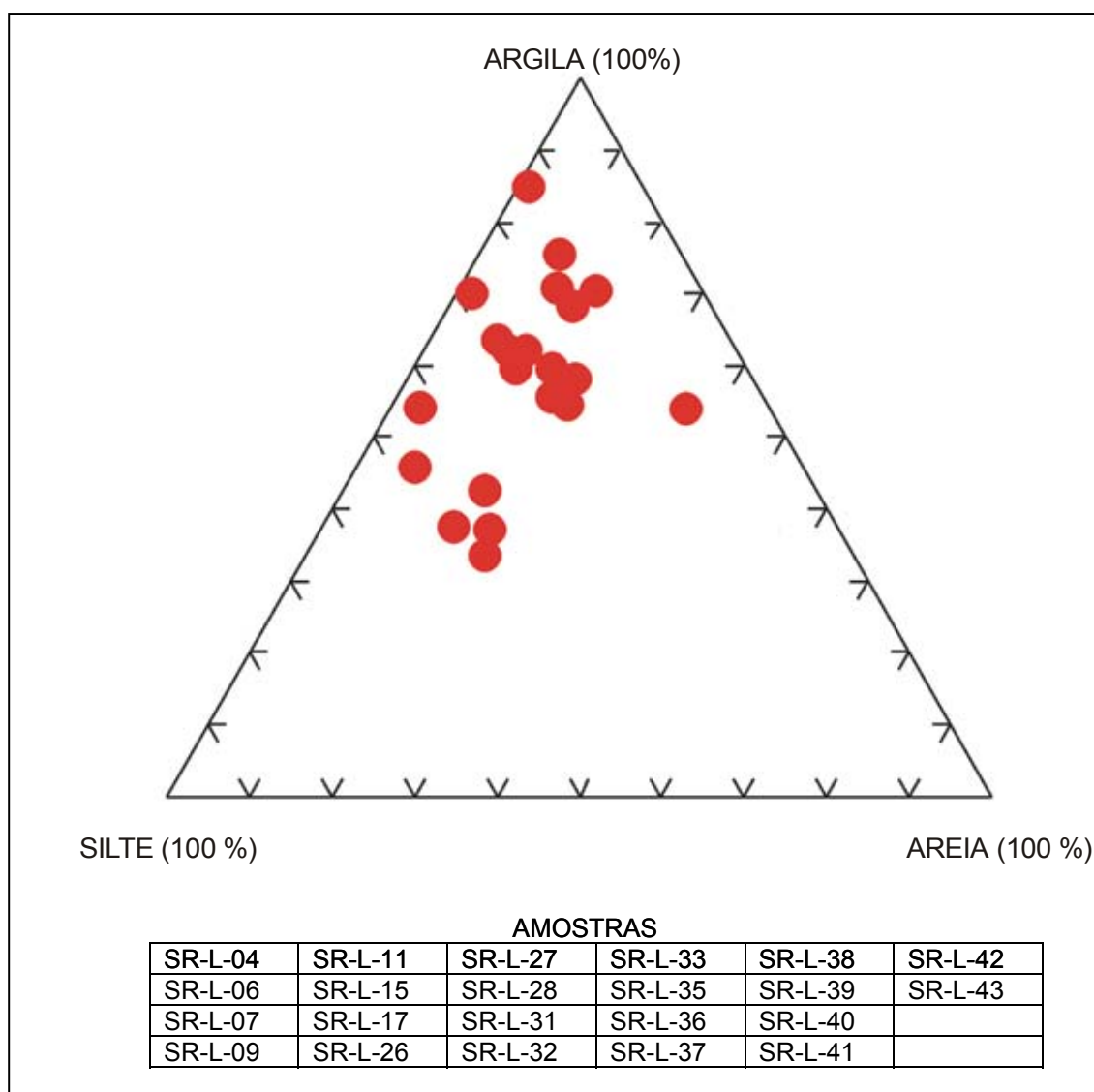


FIGURA 7.2 – Diagrama argila/silte/areia dos sedimentos da Fazenda Santa Cecília

Cont. TABELA 7.2 – Reflexões da caulinita nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília (Área 1)

Amostra	hkl (caulinita)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
		°20	d [Å]	I (%)	Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
					°20	d [Å]	I (%)	°20	d [Å]	I (%)	°20	d [Å]	I (%)
SR-L-35	001	12,17	7,264	20	12,32	7,176	71	-	-	-	-	-	-
	020	19,75	4,491	8	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,73	3,597	13	24,86	3,579	100	-	-	-	-	-	-
	$\bar{2}01$	34,92	2,567	4	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-36	001	12,37	7,147	26	12,35	7,163	93	-	-	-	-	-	-
	020	19,72	4,498	3	19,96	4,444	4	-	-	-	-	-	-
	002	24,95	3,566	17	24,87	3,578	100	-	-	-	-	-	-
	1 $\bar{1}\bar{1}$	-	-	-	21,30	4,169	25	-	-	-	-	-	-
$\bar{2}01$	34,92	2,567	6	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
SR-L-37	001	12,44	7,107	30	12,25	7,218	72	12,34	7,170	71	X	X	X
	020	19,94	4,449	11	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	002	24,92	3,570	17	24,80	3,587	100	X	X	X	X	X	X
	$\bar{2}01$	34,97	2,564	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SR-L-38	001	12,32	7,176	8	12,35	7,161	78	-	-	-	-	-	-
	020	19,87	4,464	4	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,83	3,583	6	24,87	3,577	100	-	-	-	-	-	-
SR-L-39	001	12,33	7,172	12	12,32	7,179	88	-	-	-	-	-	-
	020	19,86	4,466	5	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,85	3,580	9	24,86	3,579	100	-	-	-	-	-	-
	$\bar{2}01$	34,94	2,566	4	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-40	001	12,31	7,187	17	12,40	7,130	92	12,40	7,131	88	X	X	X
	020	19,91	4,457	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	002	24,81	3,586	13	24,91	3,572	100	24,91	3,572	100	X	X	X
	$\bar{2}01$	34,90	2,569	4	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SR-L-41	001	12,36	7,155	20	12,34	7,166	100	12,34	7,169	95	X	X	X
	020	19,98	4,490	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	002	24,98	3,562	14	24,87	3,578	99	24,85	3,580	100	X	X	X
SR-L-42	001	12,30	7,191	11	12,33	7,173	89	-	-	-	-	-	-
	020	19,88	4,462	4	19,96	4,444	13	-	-	-	-	-	-
	1 $\bar{1}\bar{1}$	-	-	-	21,32	4,163	45	-	-	-	-	-	-
	002	24,84	3,582	7	24,87	3,578	100	-	-	-	-	-	-
SR-L-43	001	12,34	7,164	30	12,39	7,141	81	-	-	-	-	-	-
	020	19,89	4,460	15	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,85	3,581	22	24,89	3,574	100	-	-	-	-	-	-
	$\bar{2}01$	34,90	2,569	9	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143A	001	12,36	7,153	20	12,03	7,349	83	-	-	-	-	-	-
	020	19,86	4,466	8	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,93	3,569	14	24,56	3,622	100	-	-	-	-	-	-
	$\bar{2}01$	34,96	2,565	5	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143B	001	12,30	7,190	21	12,30	7,193	60	-	-	-	-	-	-
	020	19,90	4,457	8	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,83	3,583	16	24,81	3,586	100	-	-	-	-	-	-
	$\bar{2}01$	34,88	2,570	6	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143C	001	12,38	7,141	16	12,37	7,151	59	-	-	-	-	-	-
	020	19,92	4,454	6	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,83	3,583	11	24,88	3,576	100	-	-	-	-	-	-
	$\bar{2}01$	34,92	2,567	5	X	X	X	-	-	-	-	-	-

Cont. TABELA 7.2 – Reflexões da caulinita nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília (Área 1)

Amostra	hkl (caulinita)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)
SR-L-143D	001	12,31	7,186	34	12,35	7,164	73	-	-	-	-	-	-
	020	19,84	4,471	19	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,85	3,580	24	24,86	3,579	100	-	-	-	-	-	-
	201	34,90	2,569	13	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143E	001	12,40	7,130	18	12,28	7,202	91	-	-	-	-	-	-
	020	19,99	4,437	6	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	002	24,91	3,572	14	24,80	3,587	100	-	-	-	-	-	-
	201	34,95	2,565	4	X	X	X	-	-	-	-	-	-

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada

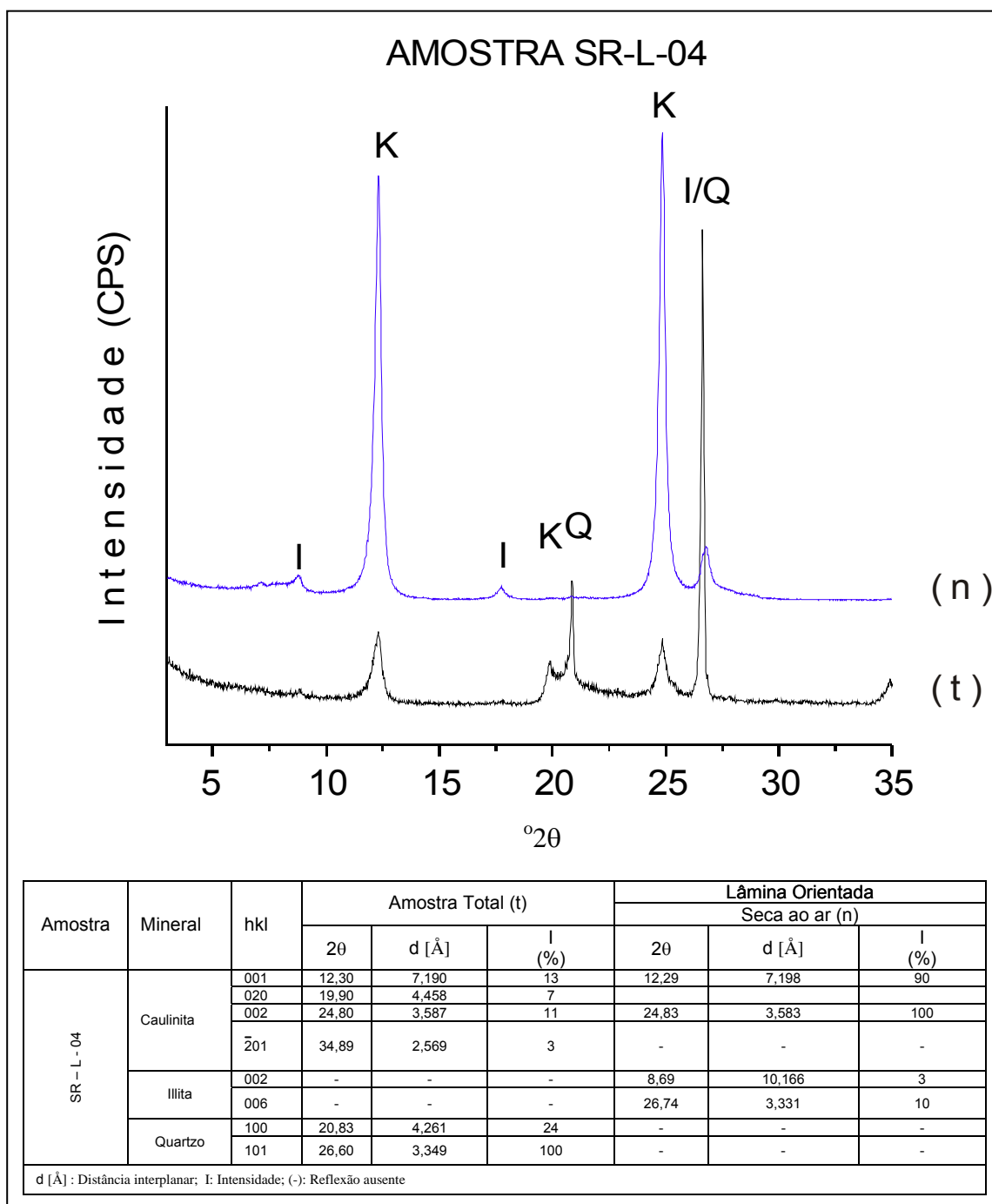


FIGURA 7.3 – Difractogramas da amostra SR-L-04 (Fazenda Santa Cecília).
 (t) – Amostra Total; (n) – Lamina Orientada Seca ao ar.
 K – Caulinita; I – Illita; Q – Quartzo

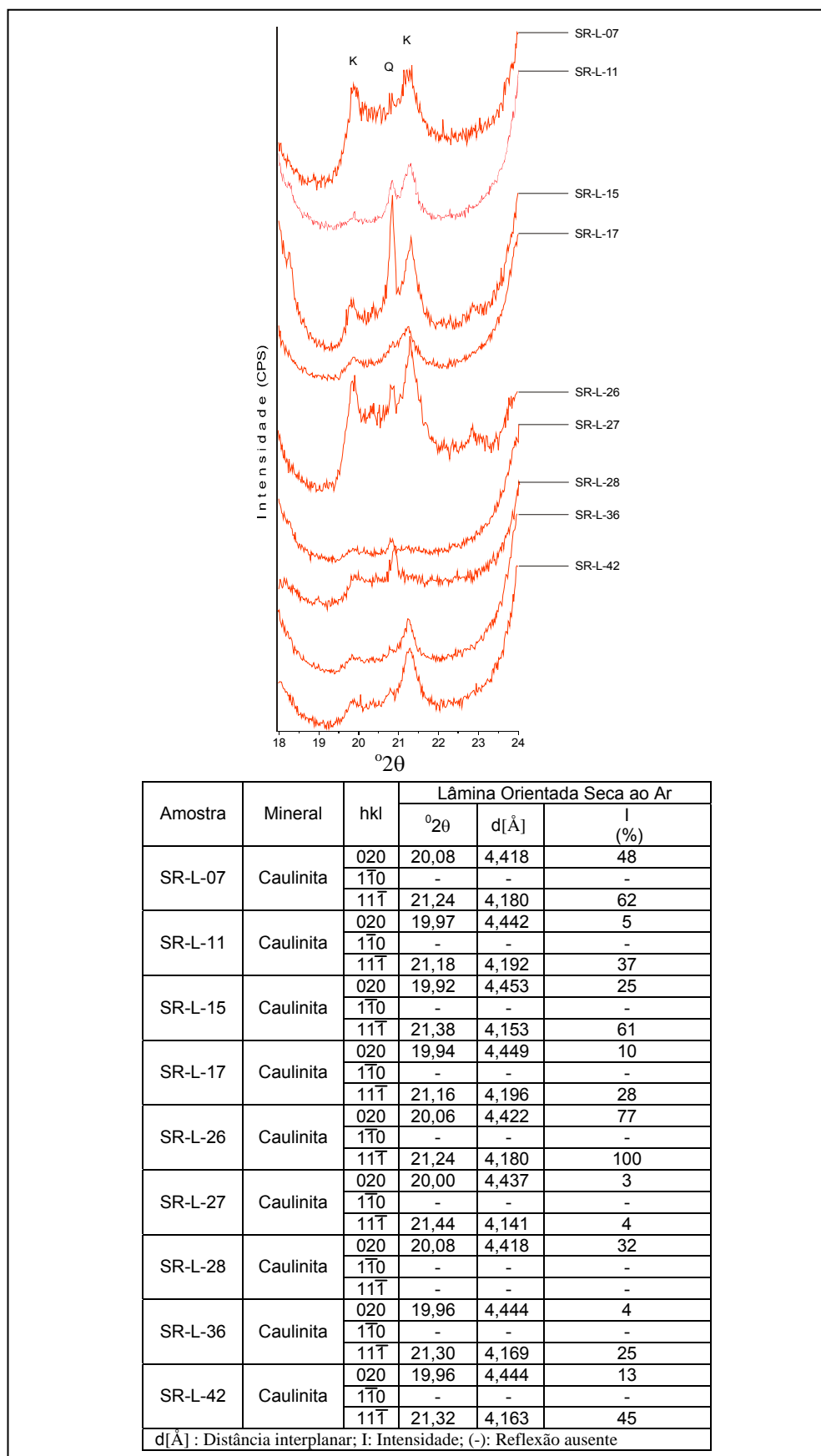


FIGURA 7.4 – Difractogramas de 9 amostras da Fazenda Santa Cecília mostrando o comportamento das reflexões da caulinita na faixa onde é determinado o índice de Hinckley. K - caulinita; Q - quartzo

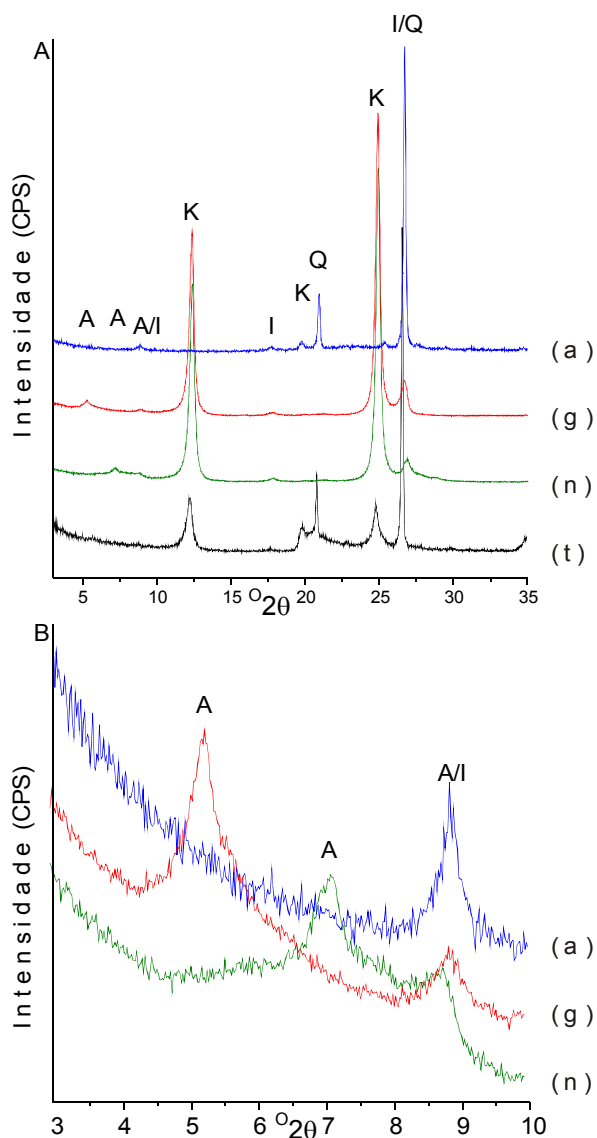
TABELA 7.3 – Reflexões da illita nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília (Área 1)

Amostra	hkl (Illita)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-04	002	X	X	X	8,69	10,166	3	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,74	3,331	10	-	-	-	-	-	-
SR-L-06	002	X	X	X	8,54	10,346	10	-	-	-	-	-	-
	004	X	X	X	17,53	5,055	4	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,43	3,369	17	-	-	-	-	-	-
SR-L-07	002	8,93	9,897	4	8,78	10,063	4	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,70	3,336	12	-	-	-	-	-	-
SR-L-09	002	X	X	X	8,83	10,006	40	8,91	9,920	19	8,94	9,880	100
	006	X	X	X	26,84	3,319	5	26,69	3,337	11	X	X	X
SR-L-11	002	8,96	9,866	5	8,74	10,107	5	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,71	3,335	12	-	-	-	-	-	-
SR-L-15	002	X	X	X	8,86	9,968	5	-	-	-	-	-	-
	004	X	X	X	17,82	4,975	4	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,72	3,333	12	-	-	-	-	-	-
SR-L-17	002	X	X	X	8,77	10,078	4	-	-	-	-	-	-
	004	X	X	X	17,75	4,493	3	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,74	3,331	12	-	-	-	-	-	-
SR-L-26	002	X	X	X	8,90	9,923	7	-	-	-	-	-	-
	004	X	X	X	17,83	4,972	5	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,75	3,330	16	-	-	-	-	-	-
SR-L-27	002	8,83	10,006	5	8,56	10,324	3	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,73	3,332	10	-	-	-	-	-	-
	114	27,75	3,212	3	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-28	006	X	X	X	26,74	3,332	6	-	-	-	-	-	-
SR-L-31	002	8,90	9,927	3	8,88	9,946	5	-	-	-	-	-	-
	004	X	X	X	17,82	4,974	6	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,74	3,332	15	-	-	-	-	-	-
SR-L-32	002	X	X	X	8,79	10,051	32	8,90	9,922	27	8,97	9,850	100
	004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	17,77	4,986	10
	110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19,80	4,481	14
	114	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,36	3,509	11
SR-L-33	002	X	X	X	8,88	9,947	10	8,93	9,898	10	8,92	9,906	100
	110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19,76	4,892	3
	006	X	X	X	26,70	3,337	7	26,61	3,347	10	X	X	X
SR-L-35	006	X	X	X	26,69	3,337	7	-	-	-	-	-	-
SR-L-36	002	8,97	9,847	3	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,69	3,337	7	-	-	-	-	-	-

Cont. TABELA 7.3 – Reflexões da illita nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília (Área 1)

Amostra	hkl (Illita)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-37	002	X	X	X	8,65	10,216	28	8,86	9,967	57	8,94	9,879	100
	110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19,70	4,502	21
	114	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,36	3,509	22
SR-L-38	004	X	X	X	17,80	4,978	4	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,77	3,327	14	-	-	-	-	-	-
SR-L-39	002	X	X	X	8,81	10,027	5	-	-	-	-	-	-
	004	X	X	X	17,81	4,975	6	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,72	3,333	17	-	-	-	-	-	-
SR-L-40	002	X	X	X	8,92	9,906	100	8,94	9,888	100	8,92	9,908	100
	004	X	X	X	17,86	4,963	6	17,86	4,963	5	17,76	4,990	12
	110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19,74	4,493	31
	114	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,33	3,514	18
SR-L-41	002	X	X	X	8,81	10,029	29	8,87	9,956	25	8,94	9,879	100
	110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19,82	4,476	39
	114	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,38	3,506	21
SR-L-42	006	X	X	X	26,75	3,330	8	-	-	-	-	-	-
SR-L-43	002	8,90	9,933	3	8,86	9,969	4	-	-	-	-	-	-
	004	X	X	X	17,81	4,976	4	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,79	3,325	14	-	-	-	-	-	-
SR-L-143A	002	8,87	9,962	4	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,43	3,370	9	-	-	-	-	-	-
SR-L-143B	002	8,87	9,965	4	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,71	3,335	9	-	-	-	-	-	-
SR-L-143C	006	X	X	X	26,77	3,327	9	-	-	-	-	-	-
SR-L-143D	002	8,91	9,919	5	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,76	3,329	13	-	-	-	-	-	-
SR-L-143E	002	X	X	X	8,78	10,069	6	-	-	-	-	-	-
	004	X	X	X	17,72	5,000	4	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,69	3,337	17	-	-	-	-	-	-

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada



Amostra	2θ	Mineral	hkl	Amostra Total (p)			Lâminas Orientadas								
				2θ	d [Å]	I (%)	Seca ao ar (n)			Glicolada (g)			Aquecida (a)		
							2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)
SR - L - 09	Corrida Lenta ($3^\circ - 10^\circ$)	A				7,23	12,214	100	5,49	16,081	100	8,94	9,880	100	
		I	002			8,83	10,006	40	8,91	9,920	19	8,94	9,880	100	
	Corrida Normal ($3^\circ - 35^\circ$)	K	001	12,38	7,141	14	12,39	7,138	62	12,41	7,129	59			
			020	19,91	4,457	5									
			002	24,87	3,577	11	24,91	3,572	100	24,92	3,571	100			
		$\bar{2}01$	34,93	2,566	3										
	I	006				26,84	3,319	5	26,69	3,337	11				
	Q	100	20,88	4,252	20							20,98	4,232	17	
		101	26,65	3,343	100							26,75	3,330	100	

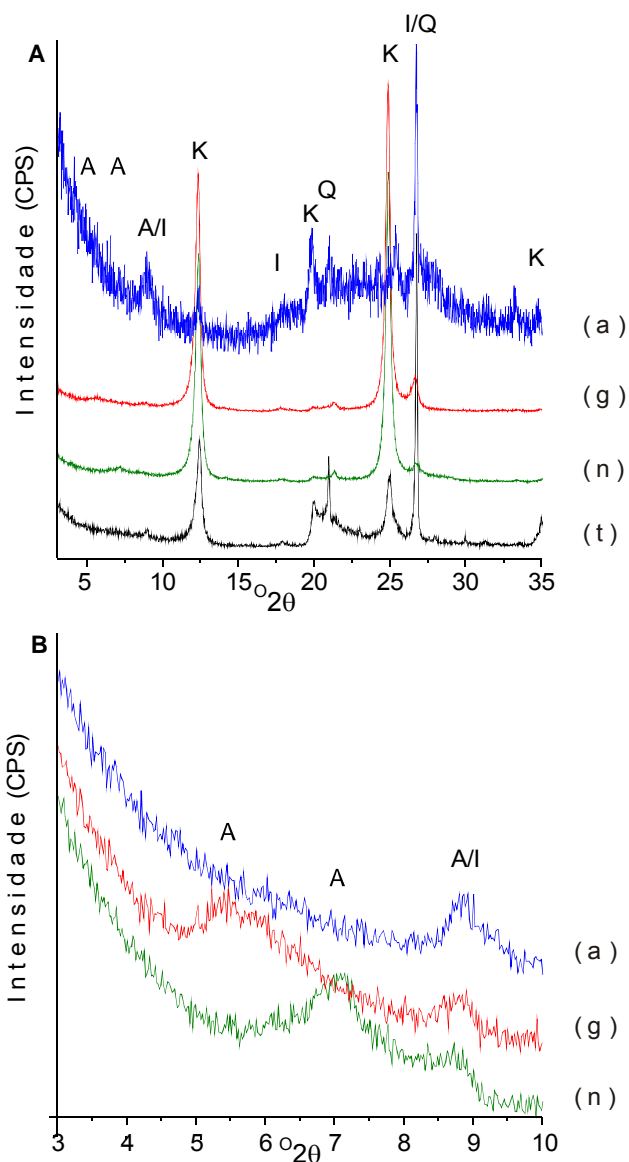
d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade

FIGURA 7.5 – Difratomogramas da amostra SR-L-09 (Fazenda Santa Cecília)
 (t) – Amostra total; (n) – Lâmina orientada seca ao ar; (g) – Lâmina orientada glicolada;
 (a) – Lâmina orientada aquecida. K– caulinita; I – illita; Q – quartzo; A – Argilomineral expansivo não Identificado

TABELA 7.4 – Reflexões do argilomineral expansivo não identificado, da clorita e goethita nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília (Área 1)

Amostra	Mineral	hkl	Amostra Total			Laminas Orientadas								
						Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
			°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-09	Argilomineral não identificado		X	X	X	7,23	12,214	100	5,49	16,081	100	8,94	9,880	100
SR-L-32			X	X	X	7,18	12,294	100	5,43	16,273	100	8,97	9,850	100
SR-L-33			X	X	X	7,19	12,281	100	5,38	17,908	100	8,92	9,906	100
SR-L-37			X	X	X	7,12	12,397	100	5,91	14,936	100	8,94	9,879	100
SR-L-41			X	X	X	7,19	12,286	100	5,38	16,414	100	8,94	9,879	100
SR-L-40	Clorita		X	X	X	6,39	13,826	35	6,45	13,694	39	6,45	13,700	12
SR-L-26	Goethita	110	X	X	X	21,34	4,160	4	-	-	-	-	-	-

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada

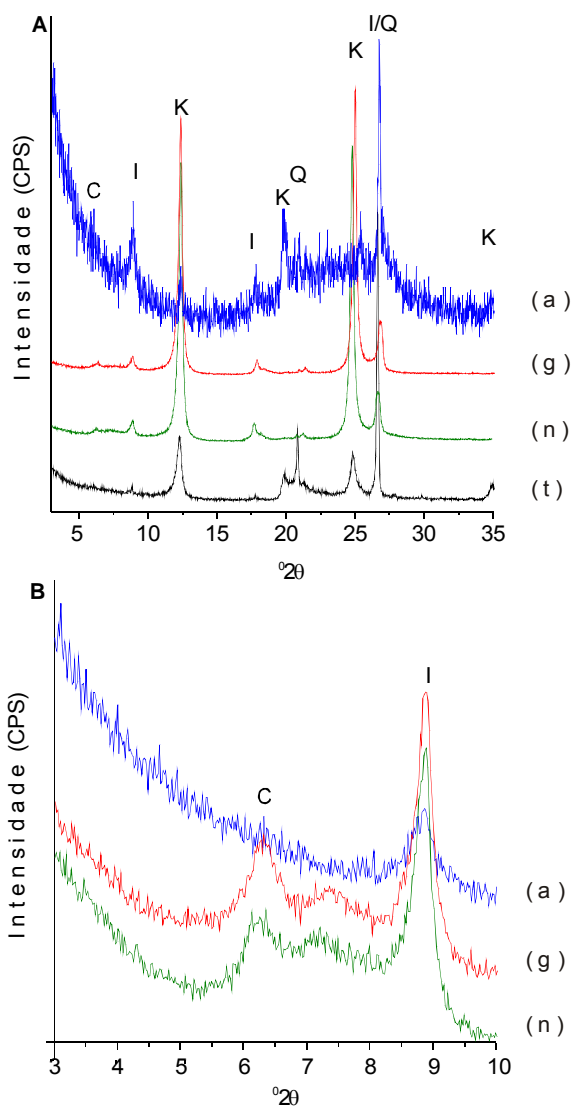


Amostra	2θ	Mineral	hkl	Amostra Total (p)			Lâminas Orientadas								
				2θ	d [Å]	I (%)	Seca ao ar (n)			Glicolada (g)			Aquecida (a)		
							2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-37	Corrida Lenta ($3^\circ - 10^\circ$)	A	-	-	-	7,12	12,397	100	5,91	14,936	100	8,94	9,879	100	
		I	002	-	-	-	8,65	10,216	28	8,86	9,967	57	8,94	9,879	100
	Corrida Normal ($3^\circ - 35^\circ$)	K	001	12,44	7,107	30	12,25	7,218	72	12,34	7,170	71	-	-	-
			020	19,94	4,449	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			002	24,92	3,570	17	24,80	3,587	100	-	-	-	-	-	-
			$\bar{2}01$	34,97	2,564	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,70	4,502	21	
		$11\bar{4}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,36	3,509	22	
	A	100	20,93	4,240	22	-	-	-	-	-	-	20,94	4,239	17	
		101	26,71	3,335	100	-	-	-	-	-	-	26,72	3,334	100	

d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão ausente

FIGURA 7.6 – Difrátogramas da amostra SR-L-37 (Fazenda Santa Cecília)
 (t) – Amostra total; (n) – Lâmina orientada seca ao ar; (g) – Lâmina orientada glicolada;
 (a) – Lâmina orientada aquecida. K – caulinita; I – illita; Q – quartzo; A – Argilomineral expansivo não identificado

AMOSTRA SR-L-40



Amostra	2θ	Mineral	hkl	Amostra Total (t)			Lâminas Orientadas								
				2θ	d [Å]	I (%)	Seca ao ar (n)			Glicolada (g)			Aquecida (a)		
							2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-40	Corrida Lenta ($3^\circ - 10^\circ$)	Clorita	-	-	-	6,39	13,826	35	6,45	13,694	39	6,45	13,700	12	
		Illita	002	-	-	-	8,92	9,906	100	8,94	9,888	100	8,92	9,908	100
	Corrida Normal ($3^\circ - 35^\circ$)	Caulinita	001	12,31	7,187	17	12,40	7,130	92	12,40	7,131	88	-	-	-
			020	19,91	4,457	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			002	24,81	3,586	13	24,91	3,572	100	24,91	3,572	100	-	-	-
		Illita	201	34,90	2,569	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			002	-	-	-	8,92	9,907	5	8,94	9,887	4	8,99	9,830	27
			004	-	-	-	17,86	4,963	6	17,86	4,963	5	17,76	4,990	12
			110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,74	4,493	31
		Quartzo	100	20,80	4,267	20	-	-	-	-	-	-	20,89	4,248	17
			101	26,59	3,350	100	-	-	-	-	-	-	26,71	3,335	100
			114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,33	3,514	18

d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão ausente

FIGURA 7.7 – Difratomogramas da amostra SR-L-40 (Fazenda Santa Cecília)
 (t) – Amostra total; (n) – Lâmina orientada seca ao ar; (g) – Lâmina orientada glicolada;
 (a) – Lâmina orientada aquecida. K – caulinita; I – illita; C – clorita; Q – quartzo

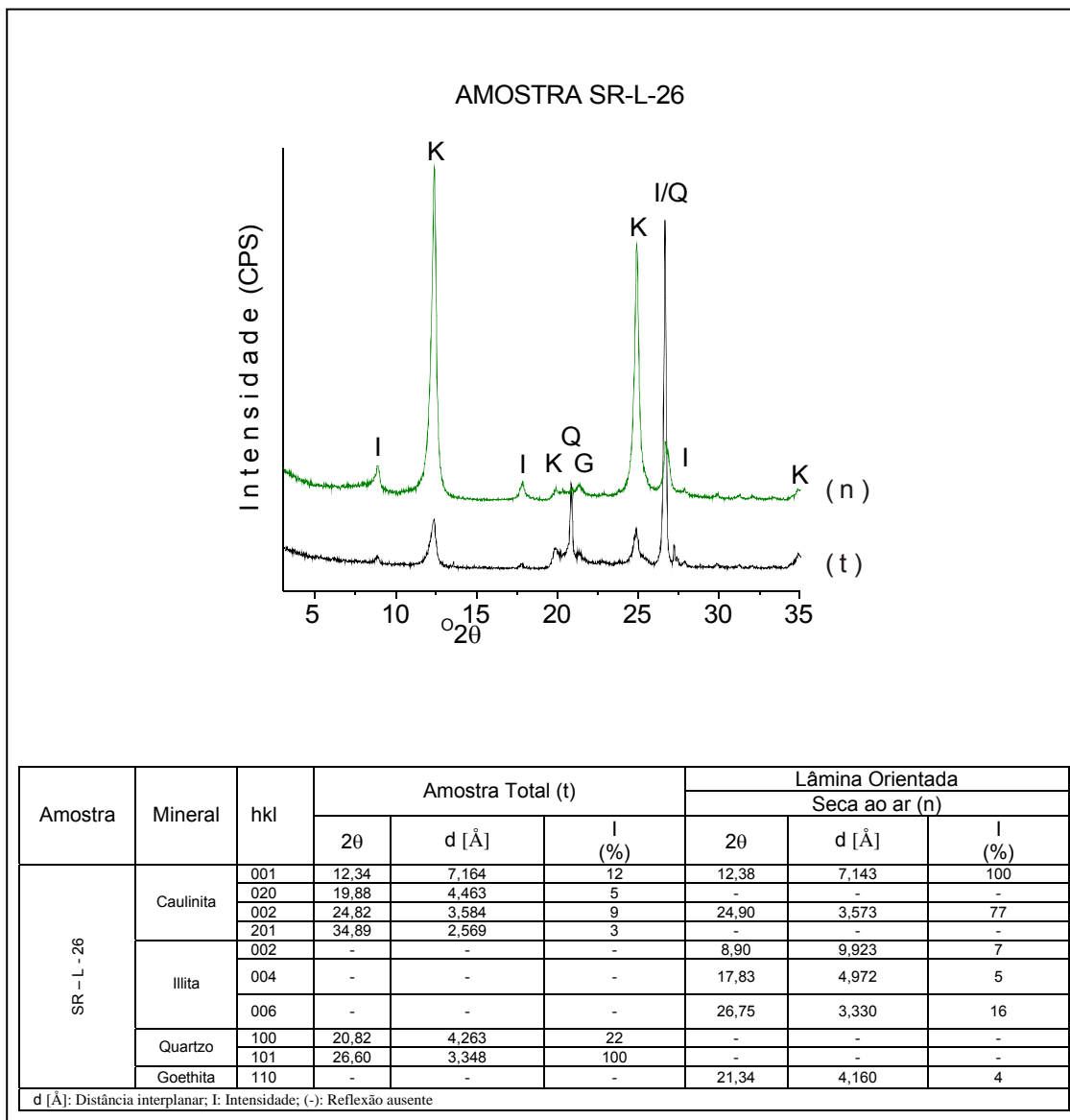


FIGURA 7.8 – Difratoformas da amostra SR-L-26 (Fazenda Santa Cecília).

(t) – Amostra total; (n) – Lamina orientada seca ao ar.

K – caulinita; I – illita; Q – quartzo; G – goethita

TABELA 7.5 – Reflexões do quartzo nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília (Área 1)

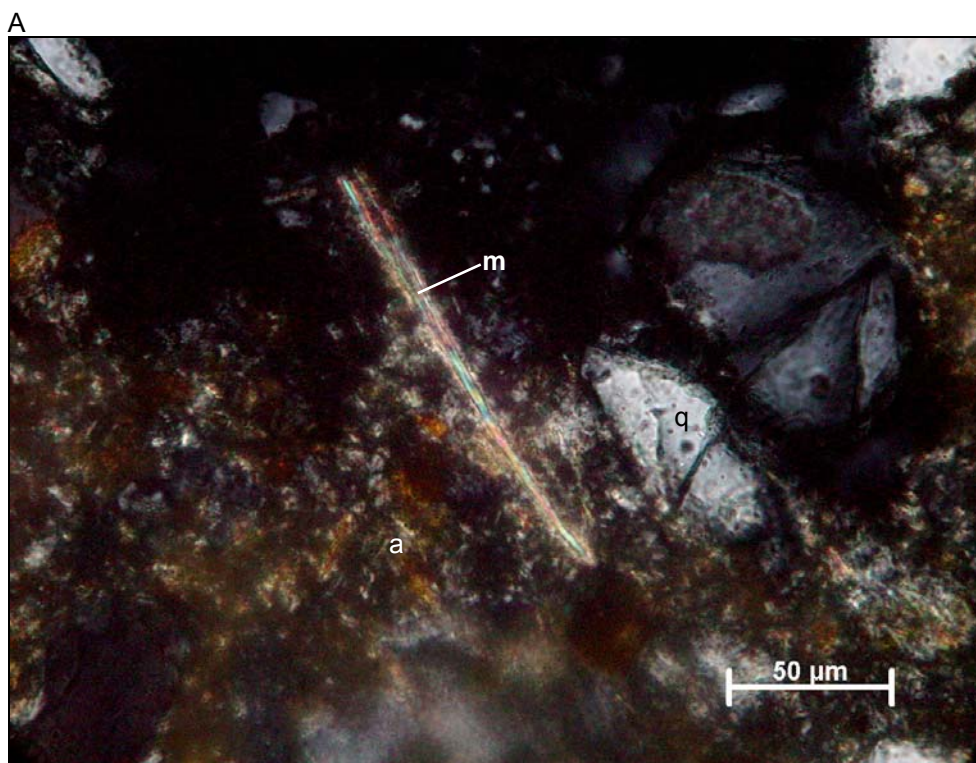
Amostra	hkl (Quartzo)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
		°2θ	d [Å]	I (%)	Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
					°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-04	100	20,83	4,261	24	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,60	3,349	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-06	100	20,95	4,238	22	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,72	3,333	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-07	100	20,89	4,250	17	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,67	3,340	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-09	100	20,88	4,252	20	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,65	3,343	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-11	100	20,91	4,245	27	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,68	3,339	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-15	100	20,86	4,255	20	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,63	3,344	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-17	100	21,00	4,228	22	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,77	3,327	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-26	100	20,82	4,263	22	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,60	3,348	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-27	100	20,76	4,275	27	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,52	3,358	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-28	100	20,74	4,279	27	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,50	3,360	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-31	100	20,85	4,258	22	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,61	3,347	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-32	100	20,88	4,250	26	X	X	X	X	X	X	20,95	4,237	12
	101	26,66	3,341	100	X	X	X	X	X	X	26,79	3,333	100
SR-L-33	100	20,90	4,248	22	X	X	X	X	X	X	20,94	4,240	16
	101	26,66	3,341	100	X	X	X	X	X	X	26,71	3,334	100
SR-L-35	100	20,74	4,280	20	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,51	3,359	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-

Cont TABELA 7.5 – Reflexões do quartzo nas amostras do depósito da Fazenda Santa Cecília (Área 1)

Amostra	hkl (Quartzo)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		°20	d [Å]	I (%)	°20	d [Å]	I (%)	°20	d [Å]	I (%)	°20	d [Å]	I (%)
SR-L-36	100	20,92	4,244	20	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,70	3,336	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-37	100	20,93	4,240	22	X	X	X	X	X	X	20,94	4,239	17
	101	26,71	3,335	100	X	X	X	X	X	X	26,72	3,334	100
SR-L-38	100	20,84	4,258	20	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,60	3,348	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-39	100	20,91	4,244	22	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,67	3,340	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-40	100	20,80	4,267	20	X	X	X	X	X	X	20,89	4,248	17
	101	26,59	3,350	100	X	X	X	X	X	X	26,71	3,335	100
SR-L-41	100	20,94	4,239	13	X	X	X	X	X	X	20,99	4,230	15
	101	26,73	3,332	100	X	X	X	X	X	X	26,72	3,333	100
SR-L-42	100	20,83	4,261	16	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,63	3,345	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-43	100	20,86	4,256	20	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,64	3,343	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143A	100	20,91	4,246	22	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,68	3,339	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143B	100	20,85	4,256	21	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,63	3,345	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143C	100	20,88	4,251	23	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,65	3,342	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143D	100	20,86	4,255	28	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,62	3,345	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-143E	100	20,92	4,243	21	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,69	3,337	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada

AMOSTRA SR-L-06



AMOSTRA SR-L-06

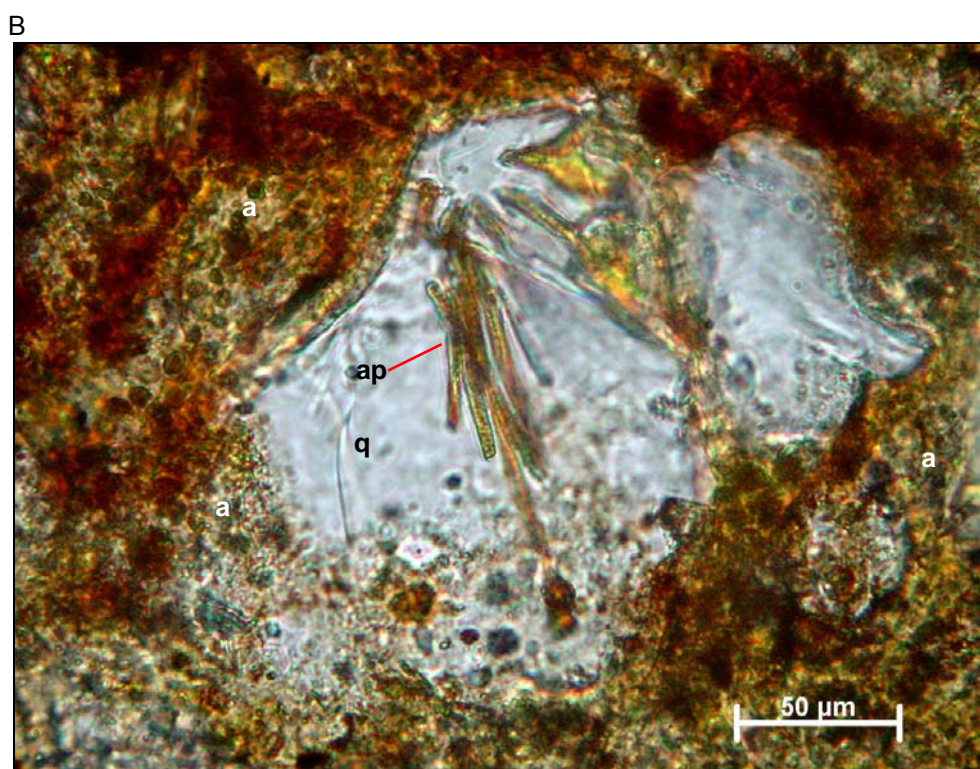
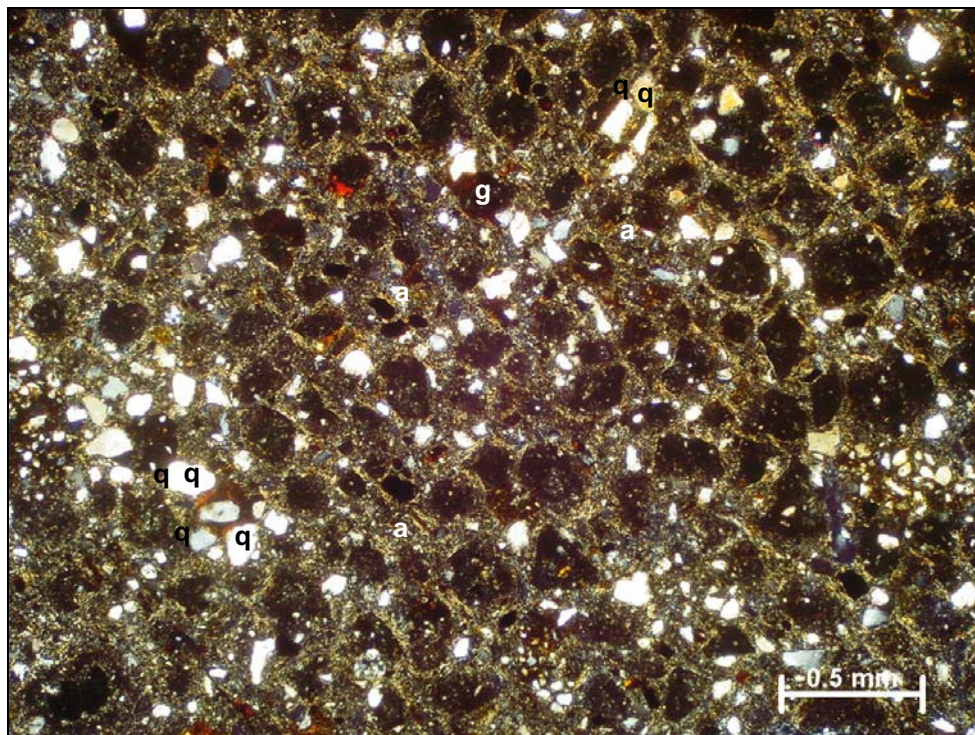


FIGURA 7.9 – Fotomicrografias da Amostra SR-L-06 (Fazenda Santa Cecília)
A – Muscovita (m), quartzo (q) e argila (a) – nicóis x
B – Cristal de quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) envolto por argila (a) – nicóis //

AMOSTRA SR-L-07

A



AMOSTRA SR-L-07

B

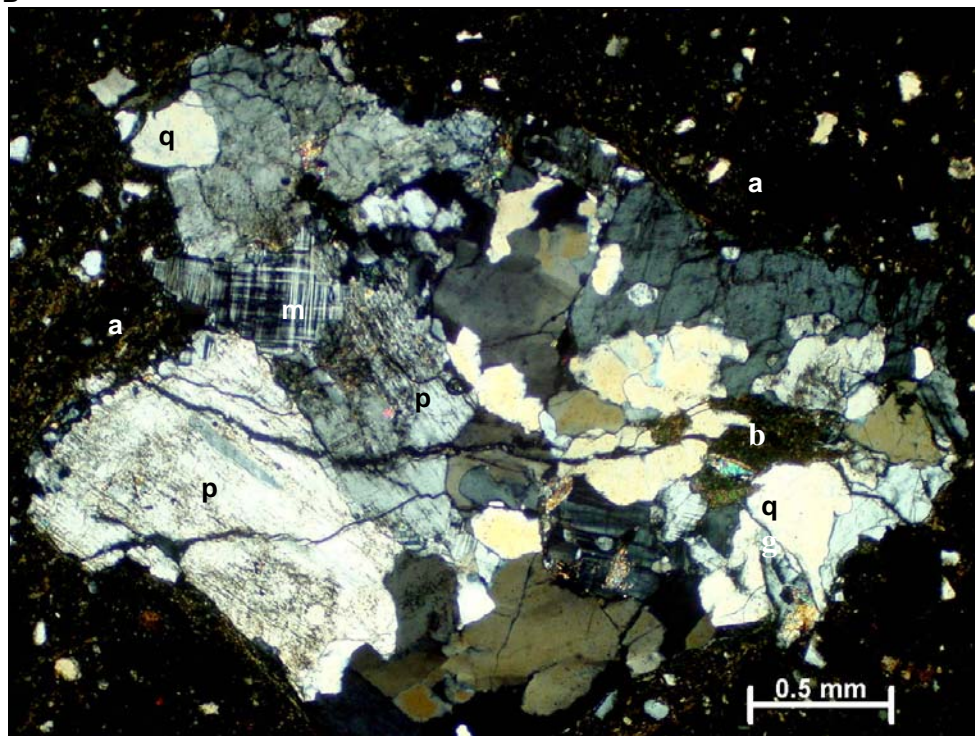
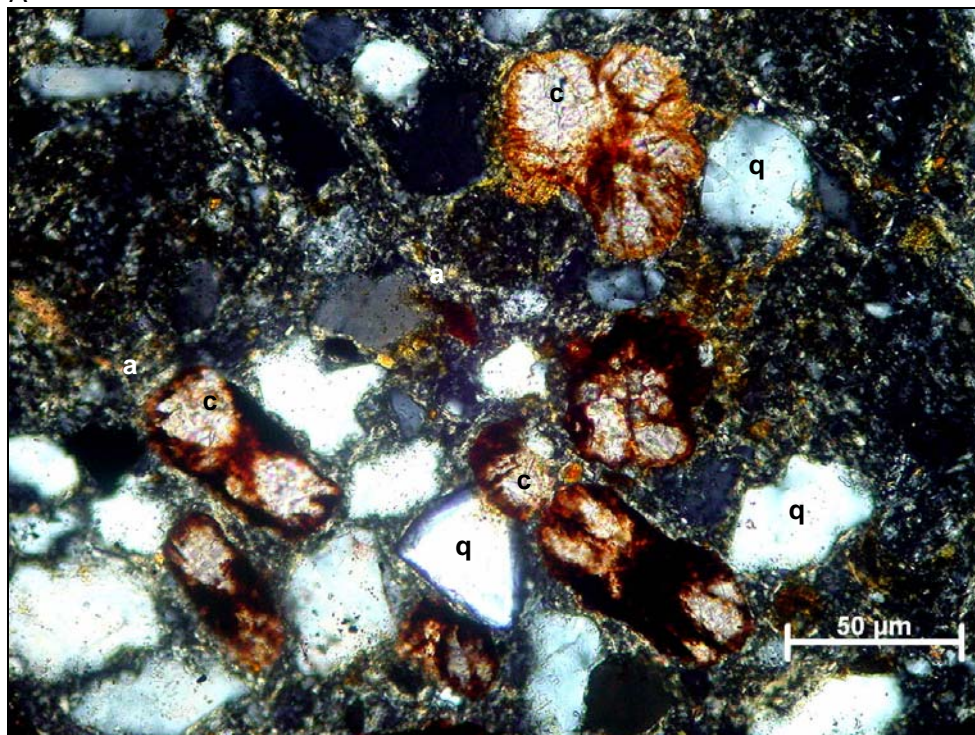


FIGURA 7.10 – Fotomicrografias da Amostra SR-L-07 (Fazenda Santa Cecília)
 A – Goethita (g) e quartzo (q) envolvidos por argila (a) – nicóis x
 B – Fragmento de granito onde se destacam: quartzo (q), biotita (b), microclinio (m) e plagioclásio (p). Está envolto por argila (a) – nicóis x

AMOSTRA SR-L-07

A



AMOSTRA SR-L-07

B

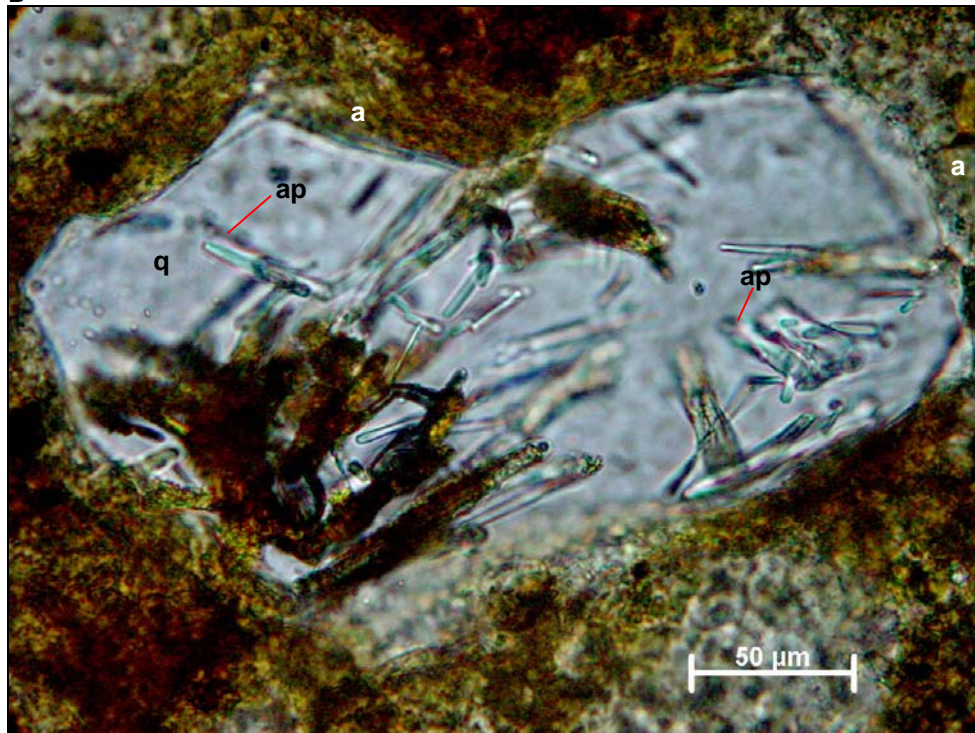
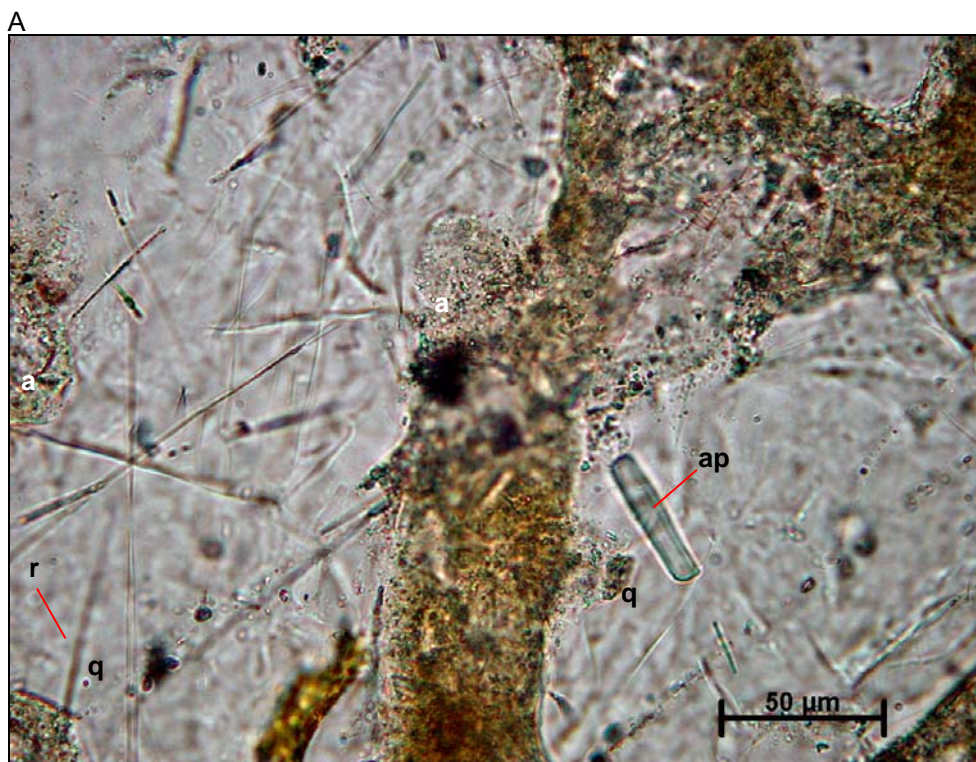


FIGURA 7.11 – Fotomicrografias da Amostra SR-L-07 (Fazenda Santa Cecília)
 A – Carbonato (c) e quartzo (q) envoltos por argila (a) – nicóis x
 B – Cristal de quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) envolto por argila (a) -
 nicóis //

AMOSTRA SR-L-07



AMOSTRA SR-L-07

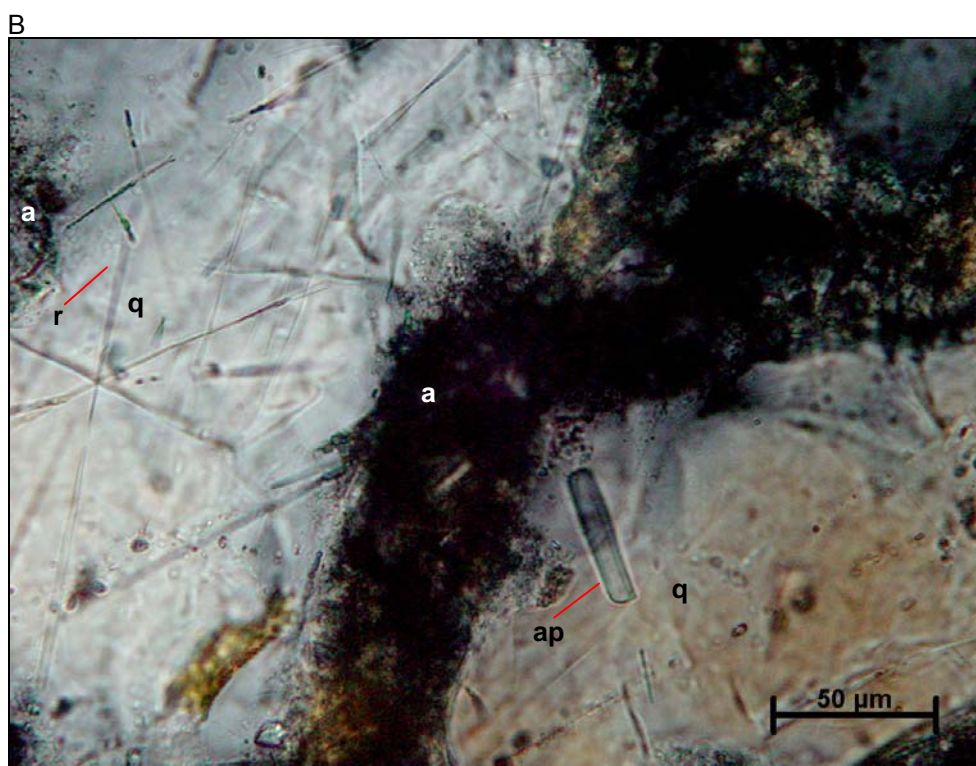


FIGURA 7.12 – Fotomicrografias da amostra SR-L-07 (Fazenda Santa Cecilia)
A – Cristais de quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) e rutile (r) envoltos por argila (a) - nicóis //
B – Nicóis x

AMOSTRA SR-L-33

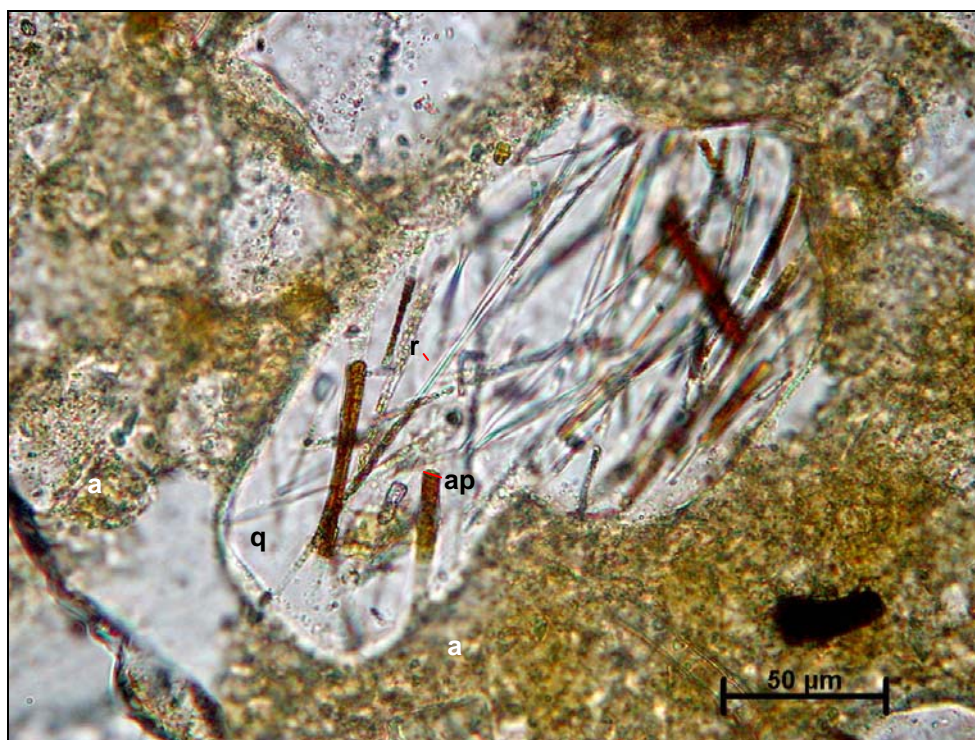
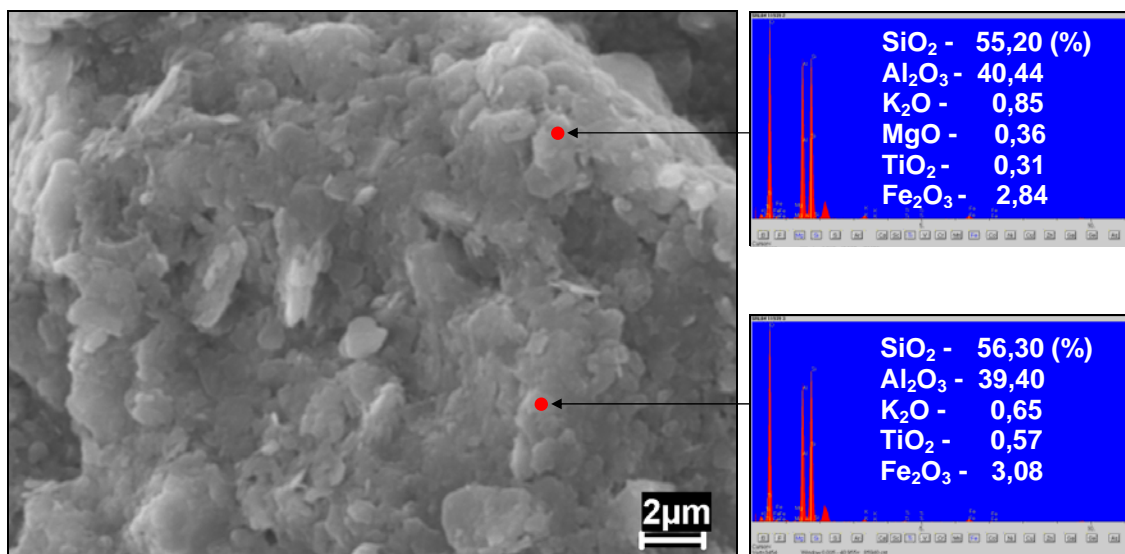


FIGURA 7.13 – Fotomicrografia da amostra SR-L-33 (Fazenda Santa Cecília)
Cristal de quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) e de rutilo (r) envoltos por
Argila (a) – nicóis //

AMOSTRA: SR-L-04

A



AMOSTRA SR-L-04

B

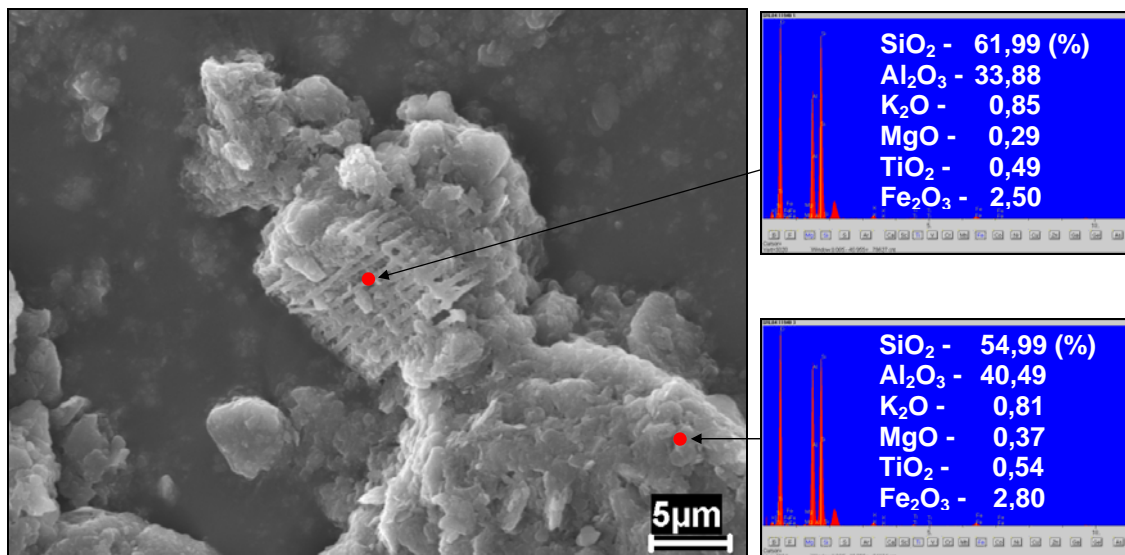
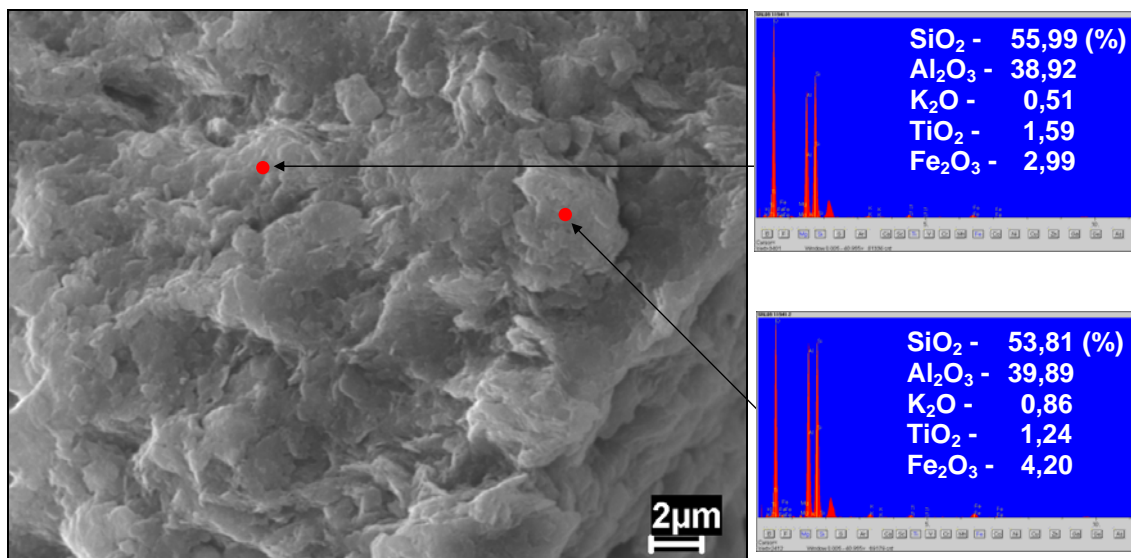


FIGURA 7.14 – (A) – Imagem de MEV caracterizando caulinita como de textura maciça e de granulação muito fina na amostra SR-L-04. (B) – Imagem de MEV mostrando a ocorrência restrita de caulinita sob a forma de “books” (EDS superior) e de caulinita maciça e muito fina no restante da imagem da amostra SR-L-04. Os espectros das análises de EDS confirmam o padrão da caulinita

AMOSTRA SR-L-09

A



AMOSTRA SR-L-09

B

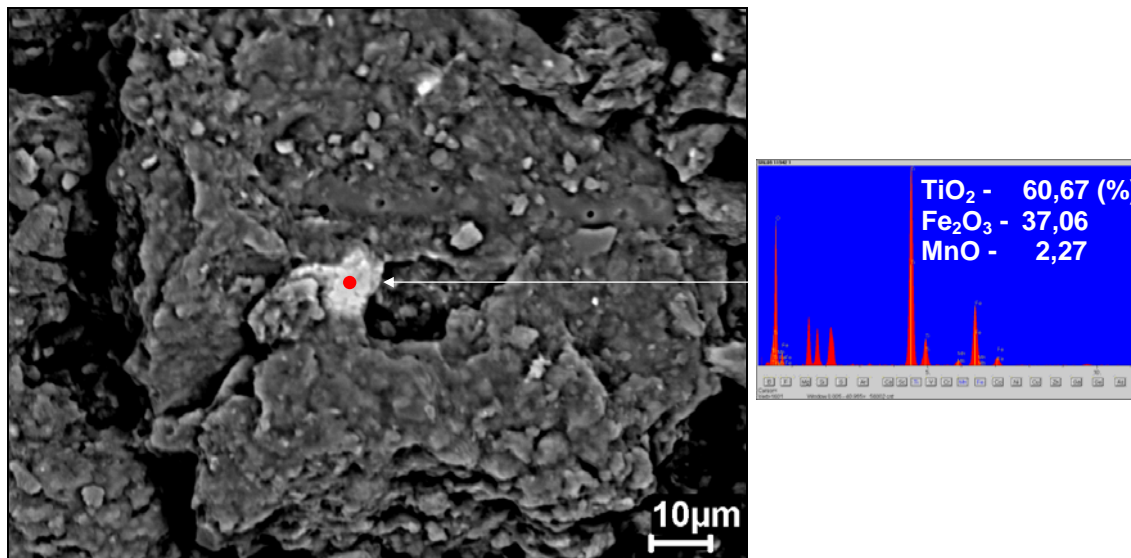
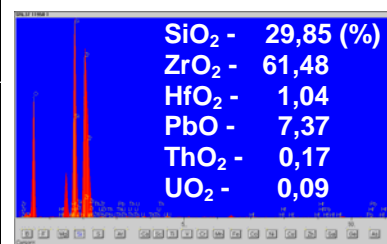
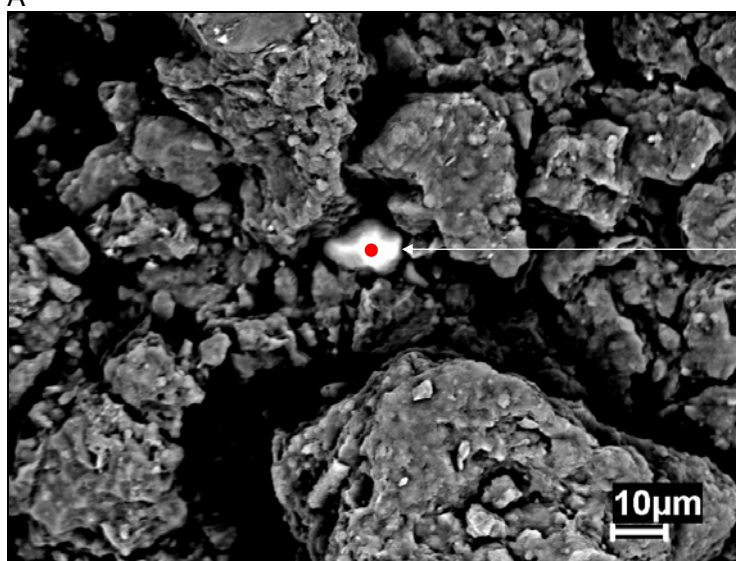


FIGURA 7.15 – (A) – Imagem de MEV caracterizando caulinita da amostra SR-L-09 como maciça e de granulação muito fina. Os espectros de EDS confirmam o padrão da caulinita. (B) – Imagem de MEV de elétrons retroespalhados que, associada à análise de EDS, indica a presença de ilmenita na amostra SR-L-09

AMOSTRA SR-L-37

A



AMOSTRA SR-L-37

B

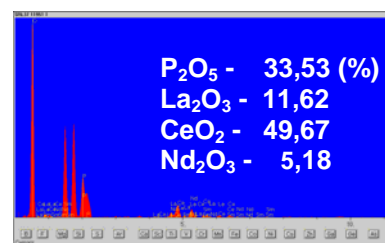
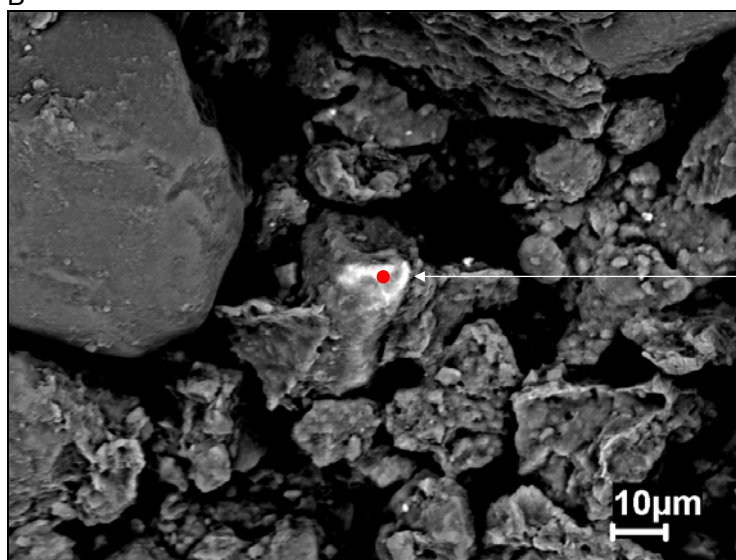


FIGURA 7.16 – Imagens de MEV obtidas de elétrons retroespalhados da amostra SR-L-37 e com os EDS correspondentes.

A – zircão

B – monazita

TABELA 7.7 – Composição química (óxidos) dos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília (Área1)

(%) Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO	FeO	Na ₂ O	CaO	MnO	P ₂ O ₅	Carbano Orgânico	Perda ao Fogo (P.F.)	Total
SR-L-04	58,40	23,30	4,10	1,00	0,96	0,19	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,23	11,90	100,20
SR-L-06	63,80	20,20	4,30	1,40	0,76	0,22	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	0,15	8,80	99,65
SR-L-07	57,50	24,00	4,50	1,70	0,79	0,35	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	0,04	0,28	10,90	100,18
SR-L-09	60,30	22,60	4,00	0,84	1,00	0,33	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,22	11,40	100,75
SR-L-11	61,90	21,00	4,10	1,50	0,85	0,32	0,17	0,20	<0,05	<0,05	0,07	0,19	9,60	99,90
SR-L-15	59,70	22,10	5,00	1,60	0,88	0,42	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	0,23	9,90	100,00
SR-L-17	57,20	24,20	4,40	1,10	0,93	0,30	<0,10	0,11	<0,05	<0,05	<0,02	0,30	12,20	100,74
SR-L-26	63,40	20,50	4,40	1,70	0,85	0,32	0,14	<0,05	<0,05	0,10	0,07	0,14	8,60	100,22
SR-L-27	53,90	26,40	3,60	1,50	0,88	0,25	0,14	0,08	<0,05	<0,05	0,02	0,40	12,80	99,97
SR-L-28	59,80	22,10	3,50	1,20	0,88	0,21	0,14	0,88	<0,05	<0,05	<0,02	0,31	11,20	100,22
SR-L-31	54,70	26,40	4,50	1,50	0,94	0,31	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,04	0,25	11,70	100,34
SR-L-32	58,30	23,30	4,00	1,30	0,97	0,29	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,35	11,60	100,31
SR-L-33	58,70	23,40	3,60	0,80	1,10	0,24	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	0,04	0,41	11,90	100,19
SR-L-35	56,50	23,60	4,50	1,60	0,88	0,29	0,17	0,26	<0,05	<0,05	0,04	0,23	11,80	99,87
SR-L-36	54,50	26,30	4,00	1,10	1,00	0,29	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	0,04	0,55	12,60	100,57
SR-L-37	59,50	22,70	3,30	0,73	1,00	0,16	0,19	0,35	<0,05	<0,05	<0,02	0,72	12,00	100,65
SR-L-38	62,50	20,30	4,20	1,80	0,76	0,35	0,14	0,79	<0,05	<0,05	0,04	0,16	8,60	99,64
SR-L-39	58,10	23,80	4,30	1,40	0,90	0,35	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	0,04	0,36	10,60	100,04
SR-L-40	55,50	24,70	4,70	1,10	0,96	0,23	0,22	0,40	<0,05	<0,05	0,03	0,41	12,00	100,25
SR-L-41	53,70	25,00	3,70	0,92	1,00	0,19	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,71	15,40	100,86
SR-L-42	57,30	23,30	5,00	1,10	0,95	0,28	0,19	0,39	<0,05	<0,05	0,03	0,21	11,10	99,85
SR-L-43	47,70	25,70	4,70	1,20	0,82	0,26	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,59	19,70	100,81
Média	57,86	23,40	4,20	1,27	0,91	0,28	0,14	0,17	<0,05	<0,05	0,03	0,33	11,65	100,23

TABELA 7.8 – Composição química (elementos traços) dos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília (Área1)

Elemento Amostra	>100 ppm	10 ppm a 100 ppm							1 ppm a 10 ppm						<1 ppm
	Ba	V	B	Y	Cr	Pb	Zn	Cu	Sc	Sr	Ni	Co	As	Sn	Mo
SR-L-04	127	39	24	19	12	14	10	9	6	5	3	2	2	1	<0,2
SR-L-06	214	34	45	17	17	12	14	5	4	9	3	4	3	1	<0,2
SR-L-07	145	37	40	16	18	16	14	10	5	8	3	5	3	1	<0,2
SR-L-09	107	39	24	19	12	15	8	6	5	4	2	3	2	1	<0,2
SR-L-11	171	37	39	15	17	14	11	6	5	4	2	2	2	1	<0,2
SR-L-15	146	44	54	15	23	15	17	9	6	8	3	4	3	1	<0,2
SR-L-17	110	42	32	19	15	16	8	9	5	5	2	2	2	1	<0,2
SR-L-27	142	32	21	18	15	18	11	13	7	6	4	2	2	1	<0,2
SR-L-31	157	44	34	18	17	14	13	8	6	2	4	2	3	1	<0,2
SR-L-33	140	28	20	15	11	12	7	7	5	6	2	2	2	1	<0,2
SR-L-36	123	43	30	20	16	16	13	9	7	3	4	2	2	1	<0,2
SR-L-39	155	41	36	16	15	13	14	5	6	2	3	3	3	1	<0,2
SR-L-41	134	41	24	17	17	15	10	11	6	4	5	3	2	1	<0,2
SR-L-43	148	46	35	20	18	14	14	13	7	3	5	3	3	1	<0,2
Média	144	39	33	17	16	15	12	9	6	5	3	3	2	1	<0,2
Média Crustal*	425	135	10	33	100	13	70	55	22	375	75	25	1,8	2	1,5

Obs.: (*) Dados de MASON (1966)

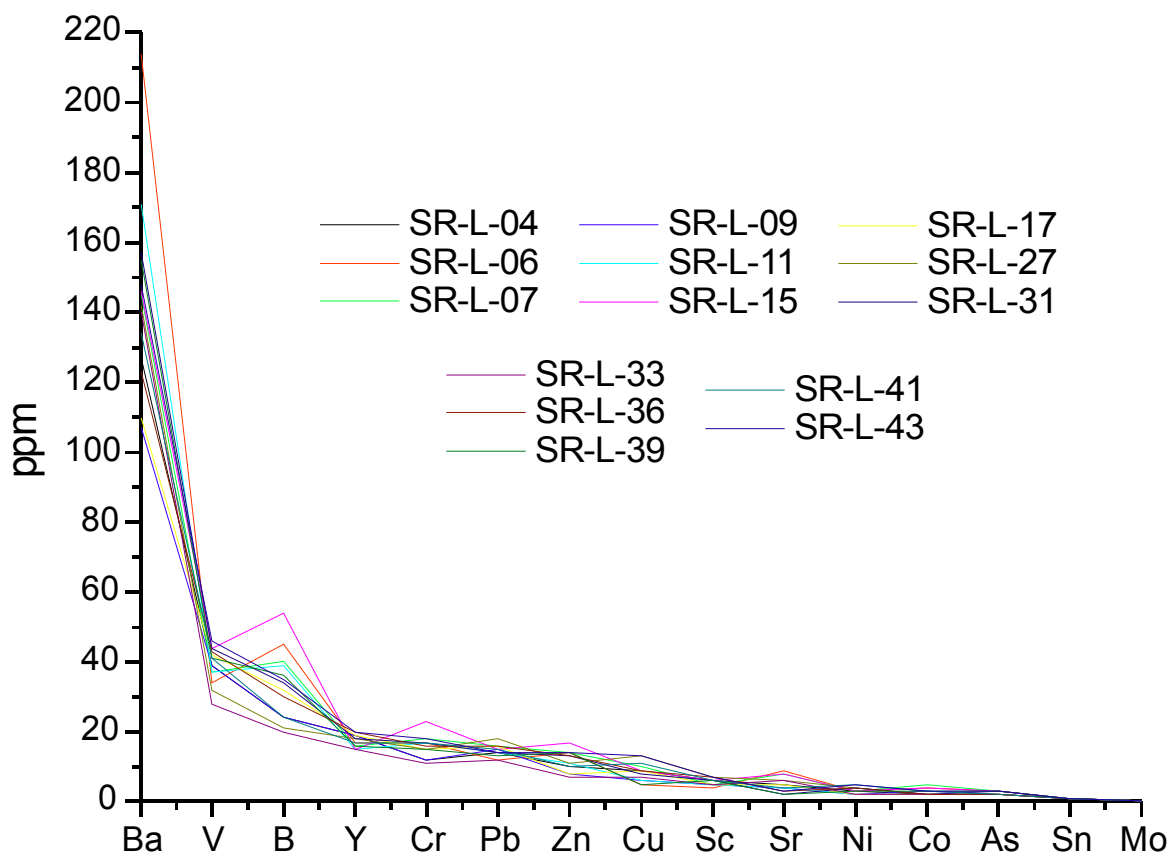


FIGURA 7.17 – Distribuição dos elementos traços no depósito de Santa Cecília

TABELA 7.9 – Elementos traços da Fazenda Santa Cecília comparados com os das unidades que compõe o arcabouço geológico regional

Elementos Traços (ppm)	PPgc ⁽¹⁾				PPru ⁽¹⁾				Psa ⁽¹⁾ (n=13)	MPsp ⁽¹⁾ (n=15)	MPm ⁽¹⁾ (n=16)	Jap ⁽¹⁾ (n=2)	Tbv ⁽²⁾ (n=5)	Argila do Complexo Vulcânico Apoteri ⁽²⁾ (n=1)	Fazenda Santa Cecília ⁽²⁾ (n=14)
	M (n=10)	PK (n=7)	C (n=8)	bhg (n=12)	hg (n=2)	I (n=4)	Pgs ⁽¹⁾ (n=11)	Psu ⁽¹⁾ (n=10)							
Ba	196	990	167	783	575	190	207	1095	310	888	1056	429	3	574	144
V	<10							46				294	30	125	39
B								10					14	77	33
Y		34		34	15	229	5	40	45		78	33	1	18	17
Cr	17		50	85	137	71	61	109	92			91	13	57	16
Pb	24		10	37				40				34	2	3	15
Zn	<5	68	34	67	92	18	193	56	35		64	116	5	29	12
Cu	15		53					52				129	3	46	9
Sc								6					5	17	6
Sr	10	272	114	362	433	39	6	426	63	146	90	169	1	40	5
Ni				34	52	44	29	49	38			55	1	33	3
Co								30				69	1	109	3
As								<10					1	1	2
Sn		2						<10	<5		3		1	<0,5	1
Mo								<5	18		11		<0,2	<0,2	<0,2

⁽¹⁾ – PROJETO RORAIMA CENTRAL (1999)

⁽²⁾ – Dados desta dissertação

PPgc – Grupo Cauarane; PPru – Suite Intrusiva Rio Urubu; Pgs – Granitos tipo S; Psu – Grupo Surumu; Psa – Suite Intrusiva Saracura; MPsp – Suite Intrusiva Serra da Prata; MPm – Suite Intrusiva Mucajá; Jap – Complexo Vulcânico Apoteri; Tbv – Formação Boa Vista; M – Metachert; PK – Paragneisses e Kinzigitos; C – calcissilicáticas; bhg – biotita hornblenda gnaiss; hg – hiperstênio gnaiss; I – leucognaisse

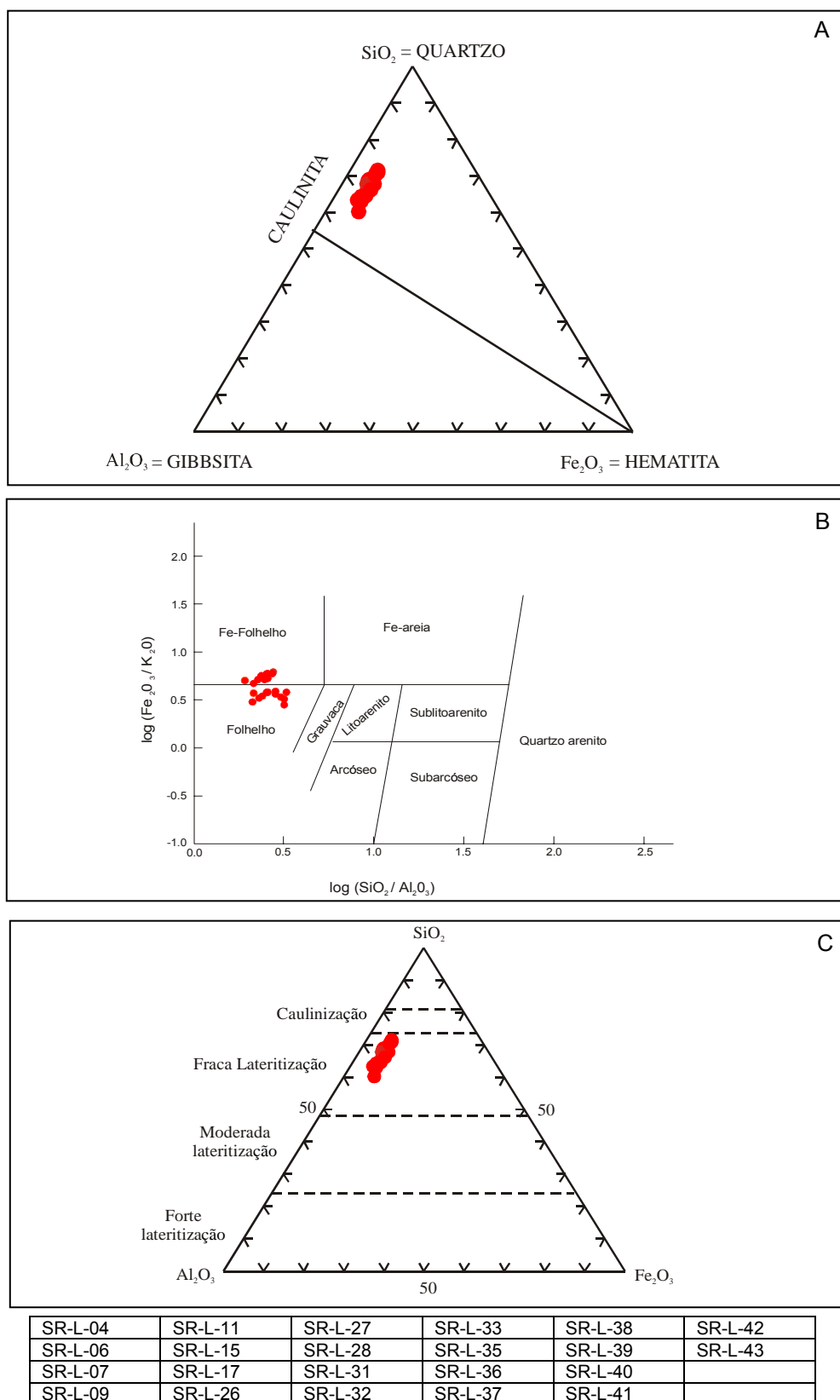


Figura 7.18 – (A): Sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília no campo das caulinitas no diagrama ternário de BOURMAN e OLLIER (2002).

(B): Caracterização litológica dos sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília com base na classificação de arenitos e folhelhos terrígenos através do diagrama de HERRON (1988). (C) Sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília, cujas amostras plotam no campo da “Fraca Lateritizaçao” no diagrama ternário $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SCHELLMANN (1983)

7.2 FAZENDA BRASILÂNDIA (ÁREA 2)

7.2.1 Caracterização Litológica

O depósito da Fazenda Brasilândia está caracterizado por um pacote de argila aflorante e contínuo, com exceção do furo F-62 que apresenta um capeamento de 1,00 m de espessura constituído por areia fina e creme. Nos furos estudados a argila apresenta plasticidade média, tem cor predominantemente creme, em parte é esbranquiçada e levemente arenosa e ora transiciona para o topo para argila cinza a cinza escura, conforme observado nos perfis litológicos (**FIGURA 7.19**). Os sedimentos apresentam manchas avermelhadas de óxi-hidróxido de ferro na maioria dos perfis, o que dá às argilas um aspecto variegado. Na parte superior do furo F-67 a argila tem cor preta em virtude da presença de material vegetal decomposto. Os níveis argilosos dos furos estudados apresentam espessuras variando entre 2,0 m e 4,25 m e se sobrepõe a um delgado nível de argila arenosa cinza (furos F-50, F-51 e F-67) e, ocasionalmente, esse contato é diretamente com areia (furo F-53). Na base do pacote de argila dos furos F-47, F-49, F-56, F-61 e F-62 ocorrem fragmentos de até 1,0 cm de diâmetro de crosta sílico-ferruginosa avermelhada que impediram o avanço das sondagens. A ocorrência de seixos de quartzo de até 1,0 cm de diâmetro no seio do pacote argiloso da seção mediana a basal do furo F-61 (**FIGURA 7.19**), expressa bem o alto grau de imaturidade textural apresentada pelos sedimentos desse depósito.

7.2.2 Caracterização Granulométrica

No depósito da Fazenda Brasilândia observa-se que a fração areia (45,09%) é dominante sobre as frações argila (42,24%) e siltica (12,67%), **TABELA 7.10**. O comportamento da distribuição dessas frações é observado no diagrama ternário (**FIGURA 7.20**).

7.2.3 Caracterização Mineralógica

Na DRX foram determinados os minerais abaixo descritos:

CAULINITA – É o argilomineral predominante e ocorre em todas as amostras brutas analisadas. As reflexões estão expressas nos difratogramas nos planos 001 e 002, apresentam-se largas, tem intensidades baixas, distâncias interplanares variando entre 7,085Å e 7,195Å e 3,555Å e 3,577Å, respectivamente e 2θ entre 12,29° e 12,48° e 24,87° e 25,03°, respectivamente. Nas lâminas orientadas secas ao ar as reflexões são mais expressivas que em amostras totais (**FIGURAS 7.21, 7.23, 7.24 e 7.25**). No plano 020 a caulinita ficou caracterizada nas amostras SR-L-47, SR-L-50, SR-L-51, SR-L-53, SR-L-61 e SR-L-62, onde as reflexões apresentam-se largas e de intensidades baixa a média (**FIGURAS 7.22 e 7.23**), distâncias interplanares variando

entre 4,405Å e 4,457Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 19,90 $^{\circ}$ e 20,14 $^{\circ}$. No plano 11 $\bar{1}$ (amostras SR-L-47, SR-L-50, SR-L-61 e SR-L-62) as reflexões são largas, de intensidades moderadas, distâncias interplanares variando entre 4,161Å e 4,197Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 21,15 $^{\circ}$ e 21,34 $^{\circ}$. Nas lâminas orientadas glicoladas (amostras SR-L-49, SR-L-56, SR-L-59 e SR-L-67) a caulinita mantém as mesmas reflexões, enquanto que nas lâminas aquecidas sua estrutura é destruída, desaparecendo assim sua reflexão nos difratogramas (**FIGURAS 7.21, 7.24 e 7.25**). As reflexões da caulinita das amostras estudadas do depósito da Fazenda Brasilândia estão listadas na **TABELA 7.11**.

Nas 5 lâminas orientadas secas ao ar (SR-L-47, SR-L-50, SR-L-51, SR-L-61 e SR-L-62) que foram submetidas a corrida lenta no intervalo de 18 $^{\circ}$ a 24 $^{\circ}$ ($^{\circ}2\theta$), as reflexões do plano 1 $\bar{1}0$ (20,4 $^{\circ}$ - $^{\circ}2\theta$) e 11 $\bar{1}$ (21,3 $^{\circ}$ - $^{\circ}2\theta$) são mal definidas e tem intensidades moderadas a baixas, onde inclusive a amostra SR-L-51 não apresenta nem as reflexões no plano 1 $\bar{1}0$ e nem no plano 11 $\bar{1}$. Isso impossibilitou a determinação do Índice de Hinckley, o que sugere que as caulinitas da Fazenda Brasilândia sejam mal cristalizadas ou desordenadas (**FIGURA 7.22**).

ILLITA - É o argilomineral que ocorre de forma subordinada na Fazenda Brasilândia e foi identificado somente nas lâminas orientadas da fração argila (**TABELA 7.12**). Em lâmina orientada seca ao ar verifica-se a presença da illita nas amostras SR-L-49, SR-L-53, SR-L-56, SR-L-59 e SR-L-67, refletindo-se no plano 002. As reflexões são abertas, intensidades baixas a moderadas, distância interplanar variando entre 9,943Å e 10,378Å e ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 8,51 $^{\circ}$ e 8,89 $^{\circ}$ (**FIGURAS 7.21, 7.23, 7.24 e 7.25**). Nas amostras SR-L-53 e SR-L-56 as reflexões se dão no plano 006, são abertas, de baixas intensidades, distâncias interplanares de 3,350Å e 3,340Å, respectivamente e $^{\circ}2\theta$ de 26,58 $^{\circ}$ e 26,67 $^{\circ}$, respectivamente (**FIGURAS 7.23 e 7.25**). Em lâminas glicoladas a reflexão da illita no plano 002 tem o mesmo padrão de comportamento nos difratogramas que as das lâminas orientadas secas ao ar. No entanto, quando aquecidas, elas se sobressaem em relação as lâminas secas ao ar e glicoladas, onde suas reflexões são abertas, de intensidades altas, apresentam distâncias interplanares variando entre 9,701Å e 10,029Å e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 8,81 $^{\circ}$ e 9,11 $^{\circ}$ (**FIGURAS 7.21, 7.24 e 7.25**). As reflexões da illita no plano 11 $\bar{4}$ em lâmina orientada aquecida (amostras SR-L-49, SR-L-56, SR-L-59 e SR-L-67), provavelmente se dá em função da destruição da estrutura da caulinita, a qual mascarava as reflexões daquele argilomineral nas lâminas secas ao ar e glicoladas. Outra explicação seria uma melhor cristalização da illita em função do aquecimento. Esse último argumento poderia justificaria a presença da illita também no plano 114 nas amostras SR-L-59 e SR-L-67.

ARGILOMINERAL EXPANSIVO NÃO IDENTIFICADO - Esse mineral ocorre de forma muito discreta na Fazenda Brasilândia e foi detectado nas amostras SR-L-49, SR-L-59 e SR-L-67. Ficou caracterizado a partir de análise de lâmina orientada seca ao ar com corrida normal (3° a $35^{\circ} - 2\theta$), cujas reflexões são pouco destacadas nos difratogramas. Na análise de detalhe em corrida lenta das lâminas orientadas secas ao ar (3° a $10^{\circ} - 2\theta$), esse argilomineral apresenta reflexões abertas, intensidades máximas, distâncias interplanares variando entre $12,227\text{\AA}$ e $12,352\text{\AA}$ e ocorrendo em 2θ entre $7,15^{\circ}$ e $7,22^{\circ}$. Em lâminas glicoladas observa-se a expansão da estrutura desse mineral e o deslocamento das reflexões para a esquerda, cujas distâncias interplanares ficam variando entre $14,817\text{\AA}$ e $16,489\text{\AA}$ e 2θ passa a ocorrer entre $5,36^{\circ}$ e $5,96^{\circ}$. Com o aquecimento a estrutura desse argilomineral se contrai, as reflexões deslocam-se para a direita e apresentam-se relativamente largas com distâncias interplanares variando entre $9,701\text{\AA}$ e $10,029\text{\AA}$, ocorrendo em 2θ entre $8,81^{\circ}$ e $9,11^{\circ}$ e superpondo-se às da illita (**FIGURAS 7.21, 7.24 e TABELA 7.13**). Apesar da expansão apresentada por esse argilomineral quando glicolado, ele não pode ser considerado como esmectita, haja vista que as distâncias interplanares apresentadas encontram-se abaixo de 14\AA . Provavelmente deva tratar-se de um argilomineral interestratificado.

CLORITA - Esse filossilicato foi detectado apenas na amostra SR-L-56 a partir da análise de lâmina orientada seca ao ar em corrida normal (3° a $35^{\circ} - 2\theta$), onde sua reflexão é quase imperceptível no difratograma (**FIGURA 7.25**). Na análise de detalhe em corrida lenta de lâmina orientada seca ao ar (3° a $10^{\circ} - 2\theta$) a clorita caracteriza-se no plano 002 sob forma de reflexão aberta, intensidade alta (100%), distância interplanar de $13,946\text{\AA}$ e ocorrendo em 2θ de $6,33^{\circ}$. Em lâmina glicolada não se verifica a expansão desse mineral e nem o deslocamento de seu pico no difratograma. Em lâmina orientada aquecida a distância interplanar praticamente não muda ($13,986\text{\AA}$) e ocorre em 2θ de $6,31^{\circ}$, apesar que no difratograma o pico da mesma praticamente desaparece, pois sua intensidade é muito baixa (5%), **FIGURA 7.25**. As características observadas na DRX estão de acordo com aquelas usadas por TUCKER (1988) na identificação desse filossilicato.

GOETHITA - Foi detectada apenas na amostra SR-L-53 na lâmina orientada seca ao ar (**FIGURA 7.23**). Ficou caracterizada no plano 110 sob forma de reflexão relativamente estreita e bem formada, apresentando intensidade relativa de 18%, distância interplanar de $4,165\text{\AA}$ e ocorrendo em 2θ de $21,32^{\circ}$.

QUARTZO - É abundante. Ele ficou caracterizado em todas as amostras brutas analisadas. Suas reflexões ocorrem nos planos 100 e 101 em picos estreitos e bem definidos. No plano 100 suas intensidades relativas são moderadas a baixas, variam entre 11% e 49%, suas distâncias interplanares variam entre $4,225\text{\AA}$ a $4,256\text{\AA}$, e 2θ entre

20,85⁰ e 21,01⁰, enquanto que no plano 101 as intensidades relativas são altas (100%), as distâncias interplanares variam entre 3,324Å e 3,344Å e ⁰2θ ocorre em 26,64⁰ e 26,80⁰ (**FIGURAS 7.21, 7.23, 7.24, 7.25 e TABELA 7.14**). Nas lâminas secas ao ar e glicoladas não se verificada a presença de quartzo, com exceção da amostra SR-L-51, onde o mesmo tem reflexão no plano 101 em lâmina seca ao ar. Nas lâminas aquecidas ele está presente na amostra SR-L-49 no plano 100, praticamente superpondo-se à reflexão da illita. Também foi verificada sua presença nas amostras SR-L-56, SR-L-59 e SR-L-67, cujas reflexões ocorrem nos planos 100 e 101.

Os estudos petrogáficos e de lupa binocular permitiram a identificação de minerais e fragmentos de rochas que ocorrem associados aos argilominerais no depósito da Fazenda Brasilândia (**TABELA 7.15**), conforme vistos a seguir:

QUARTZO - É hialino, anguloso, subanguloso a subarredondado, sua granulação varia de tamanho silte à areia grossa e, em parte, apresenta-se fraturado e com extinção ondulante (**FIGURAS 7.26 a 7.29**).

APATITA - Cristais de apatita (traços) sob a forma de inclusões no quartzo foram verificados nas amostras SR-L-47, SR-L-49, SR-L-62 e SR-L-67 (**FIGURAS 7.26A, 7.28 e 7.29A**).

MUSCOVITA - Na petrografia ficou constatado a presença de muscovita sob a forma de palhetas (traços) nas amostras SR-L-49, SR-L-50, SR-L-51, SR-L-56, SR-L-59 e SR-L-67, enquanto que sob lupa binocular esse mineral foi detectado apenas na amostra SR-L-49 (traços).

RUTILO - A petrografia indica a presença do rutilo sob forma de agulhas como inclusões no quartzo e em baixas concentrações (traços) nas amostras SR-L-47, SR-L-49, SR-L-51, SR-L-53, SR-L-61 e SR-L-62.

SERICITA - Esse mineral ocorre como alteração do feldspato e foi constatado na petrografia nas amostras SR-L-59 e SR-L-61 (traços).

ZIRCÃO - Nos estudos petrográficos esse mineral foi constatado nas amostras SR-L-59 e SR-L-67 (traços).

CARBONATO - Cristais isolados de carbonato estão presentes nas amostras SR-L-61 e SR-L-67 (**FIGURAS 7.27 e 7.29A**). Na amostra SR-L-67 também ocorre fragmentos de rocha carbonática (**FIGURA 7.29B**). O baixo grau de arredondamento apresentado indica uma fonte próxima, a qual deve estar ligada aos calcários das formações cretáceas do Hemigráben Tacutu.

ILMENITA - Sob lupa binocular esse mineral foi detectado em todas as amostras estudadas em concentração correspondente que varia de traços à 5% dos clastos. É preta, tem brilho metálico e, na grande maioria das vezes, apresenta-se sob a

forma de placas. As amostras com maiores concentrações foram a SR-L-49 (5%), SR-L-50 (5%) e SR-L-51 (4%).

GRANADA - Sua presença ficou constatada nas amostras SR-L-53 e SR-L-62 com concentração em torno de 1% dos clastos presentes. Apresenta-se bem cristalizada, denotando pouco transporte. As vezes apresenta-se sob a forma de aglomerados globulares, tem coloração avermelhada, granulação tamanho areia fina e sua origem está ligada aos paragnaisses e/ou kinzigitos do Grupo Cauarane.

MAGNETITA - Ocorre em todas as amostras estudadas e em concentrações muito baixas (traços a 1%). É preta, tem brilho metálico e granulação fina.

PLAGIOCLÁSIO - Ficou constatado apenas na amostra SR-L-61 (traços). Os cristais são brancos, subarredondados e tem granulação tamanho areia média.

FRAGMENTO DE QUARTZITO - Fragmento desse tipo rochoso foi detectado nos estudos petrográficos e tem ampla ocorrência na Fazenda Brasilândia, constatando-se sua presença em 8 das 10 amostras analisadas. Tem coloração esbranquiçada, apresentam granulação tamanho areia média até grânulos, são angulosos a subangulosos, na grande maioria apresentam-se fraturados e sua origem está ligada ao Grupo Cauarane.

FRAGMENTOS DE CROSTA FERRUGINOSA - Sob lupa binocular ficou constatado em todas as amostras a presença de fragmentos de resto de crosta sílico-ferruginosa avermelhada, em percentual variando de 3% a 30% dos clastos presentes e com granulação indo de tamanho areia média até grossa.

Pela microscopia eletrônica de varredura foi possível determinar os seguintes minerais:

CAULINITA - As imagens de MEV produzidas por elétrons secundários possibilitaram caracterizar as caulinitas (amostras SR-L-47, SR-L-49, SR-L-53, SR-L-59 e SR-L-67) como tendo texturas maciças e granulação $< 2\mu\text{m}$ (**FIGURA 7.30A**). Esses parâmetros sugerem que as caulinitas dessa área possam ter uma origem estritamente detrítica. Os espectros das análises de EDS apresentam um comportamento que se assemelham aos das caulinitas estudadas por WELTON (1984). No entanto, as análises das 5 amostras estudadas apresentam teores de SiO_2 entre 51,77% e 54,32% e de Al_2O_3 entre 38,69% e 42,94% que se afastam um pouco da composição estequiométrica da caulinita (46,54% e 39,50%, respectivamente). Há de se considerar que as análises de EDS são semi-quantitativas e que os teores de H_2O não foram considerados nas mesmas.

ILMENITA - Esse mineral ficou caracterizado nas amostras SR-L-49 e SR-L-59. Apresenta brilho intenso nas imagens produzidas por elétrons retroespalhados e tem granulação muito fina ($< 2\mu\text{m}$).

ZIRCÃO - Sua presença ficou constatada na amostra SR-L-53. Na imagem produzida por elétrons retroespalhados o zircão apresenta-se com brilho intenso e granulação < 2 μ m (**FIGURA 7.30B**).

7.2.4 Caracterização Química

Os sedimentos da Fazenda Brasilândia (Área 2) se caracterizam quimicamente por apresentarem teores médios predominância de SiO₂ (60,50%) e Al₂O₃ (21,98%) seguidos de Fe₂O₃ (3,78%), TiO₂ (1,34%), K₂O (0,33%), FeO (0,17%), Na₂O (0,12), onde K₂O>Na₂O>MgO e CaO e onde o carbono orgânico total é baixo (0,29%),

TABELA 7.16.

Os elementos traços (**TABELA 7.17**) encontram-se distribuídos em 3 faixas, quais sejam: faixa com teor entre 10 ppm e 100 ppm (V, Ba, B e Cr); entre 1 ppm e 10 ppm (Sc, Pb, Zn, Cu, Y, Sr, Ni, As, Sn e Co) e <1 ppm (Mo). Dentre os elementos traços apenas o B encontra-se acima da média crustal, enquanto que V, Ba, Cr, Sc, Pb, Zn, Cu, Y, Sr, Ni, Co e Mo apresentam concentrações médias com valores abaixo da média crustal. Vanádio variando entre 34 ppm e 71 ppm tem suas maiores concentrações nas amostras SR-L-50 (71 ppm), SR-L- 51 (62 ppm), SR-L-67 (60 ppm) e SR-L-47 (55 ppm). Bário com faixa de concentração entre 15 ppm e 64 ppm, apresenta-se mais enriquecido nas amostras SR-L-49 (64 ppm), SR-L-50 (63 ppm), SR-L-56 e SR-L-59 (39 ppm, respectivamente) e SR-L-51 (35 ppm). Já o B que encontra-se acima da média crustal apresenta variação entre 16 ppm e 57 ppm e suas maiores concentrações foram detectadas nas amostras SR-L-53 (57 ppm), SR-L-47 (39 ppm), SR-L-50 (37 ppm), SR-L-56 (34 ppm) e SR-L-49 (29 ppm). Cromo entre 13 ppm e 25 ppm apresenta-se mais enriquecido nas amostras SR-L-50 (25 ppm), SR-L-56 (23 ppm), SR-L-47 (21 ppm) e SR-L-49, SR-L-51, SR-L-53 e SR-L-62 (17 ppm, respectivamente). Escândio que encontra-se entre 6 ppm e 10 ppm apresenta suas maiores concentrações nas amostras SR-L-47 e SR-L-50 (10 ppm) e SR-L-61 (8 ppm). Chumbo que apresenta-se entre 5 ppm e 8 ppm tem suas maiores concentrações nas amostras SR-L-49, SR-L-50 e SR-L-53 (8 ppm). Zinco com faixa de concentração entre 4 ppm e 12 ppm apresenta-se mais enriquecido nas amostras SR-L-51 (12 ppm), SR-L-56 (9 ppm) e SR-L-49, SR-L-50 e SR-L-53 (7 ppm). Já o Y variando entre 2 ppm e 10 ppm encontra-se mais enriquecido nas amostras SR-L-49 (10 ppm), SR-L-50 (9 ppm) e SR-L-56 (5 ppm). Como observado, as faixas mais amplas de concentração são apresentadas pelo Ba, B, V e Cr. As faixas do Y, Zn, Cu e Sc são muito similares e as menores são apresentadas pelo Pb, Sr, Ni, Co e As (**FIGURA 7.31**).

Os valores médios de B (30 ppm), Cu (6 ppm), Pb (7 ppm), As (1 ppm), Co (1 ppm) e Ni (2 ppm) mostram uma certa correspondência com a média dos arenitos de MASON (1966). Quando se faz a comparação dos valores médios dos elementos traços

do depósito da Fazenda Brasilândia com aqueles das unidades que compõe o arcabouço geológico regional da área em estudo, vistos na **TABELA 7.9**, constata-se que:

- Vanádio (54 ppm) guarda uma aproximação com as rochas vulcânicas do Grupo Surumu (46 ppm);
- Ítrio (4 ppm) mostra uma correspondência com os Granitos tipo S (5 ppm);
- Cromo (18 ppm) mostra uma correspondência com os metacherts do Grupo Cauarane (17 ppm) e se aproxima das grauvacas da Formação Boa Vista (13 ppm);
- Chumbo (7 ppm) mostra uma aproximação com as rochas calcissilicáticas do Grupo Cauarane (10 ppm);
- Zinco (7 ppm) guarda uma aproximação com as rochas da Formação Boa Vista (5 ppm) e com os metacherts do Grupo Cauarane (<5 ppm);
- Cobre (6 ppm) guarda aproximação com as rochas da Formação Boa Vista (3 ppm);
- Escândio (7 ppm) mostra correspondência com as rochas vulcânicas do Grupo Surumu (6 ppm);
- Estrôncio (2 ppm), Ni (2 ppm) e Co (1 ppm) mostram aproximação com as rochas da Formação Boa Vista (1 ppm, 1 ppm, e 1 ppm, respectivamente);
- Arsênio (1 ppm) tem correspondência com as rochas da Formação Boa Vista (1 ppm) e com as argilas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri (1 ppm);
- Estanho (1 ppm) tem correspondência com as rochas da Formação Boa Vista (1 ppm), se aproxima dos paragnais e kinzigitos do Grupo Cauarane (2 ppm) e das rochas da Suite Intrusiva Saracura (<5 ppm);
- Molibdênio (<0,2 ppm) mostra correspondência com as rochas da Formação Boa Vista e com as argilas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri (<0,2 ppm e <0,2 ppm, respectivamente).

Baseando-se nos elementos maiores, observa-se que no diagrama ternário $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de BOURMAN e OLLIER (2002), (**FIGURA 7.32A**), todas as amostras plotam alinhadas no campo da caulinita, com uma clara indicação que esse é o argilomineral predominante. Esse fato é corroborado pelas análises de DRX e MEV que mostram que a caulinita é o argilomineral que predomina na região da Fazenda Brasilândia.

Litologicamente os sedimentos argilosos da Fazenda Brasilândia são caracterizados com Fe-Folhelhos. Isso se baseia na classificação de arenitos e folhelhos terrígenos através do diagrama $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de HERRON (1988), (**FIGURA 7.32B**).

No diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SCHELLMANN (1983), **FIGURA 7.32C**, a amostra SR-L-51 situa-se no campo da “caulinização” e, as demais, no campo da “fraca lateritização”.

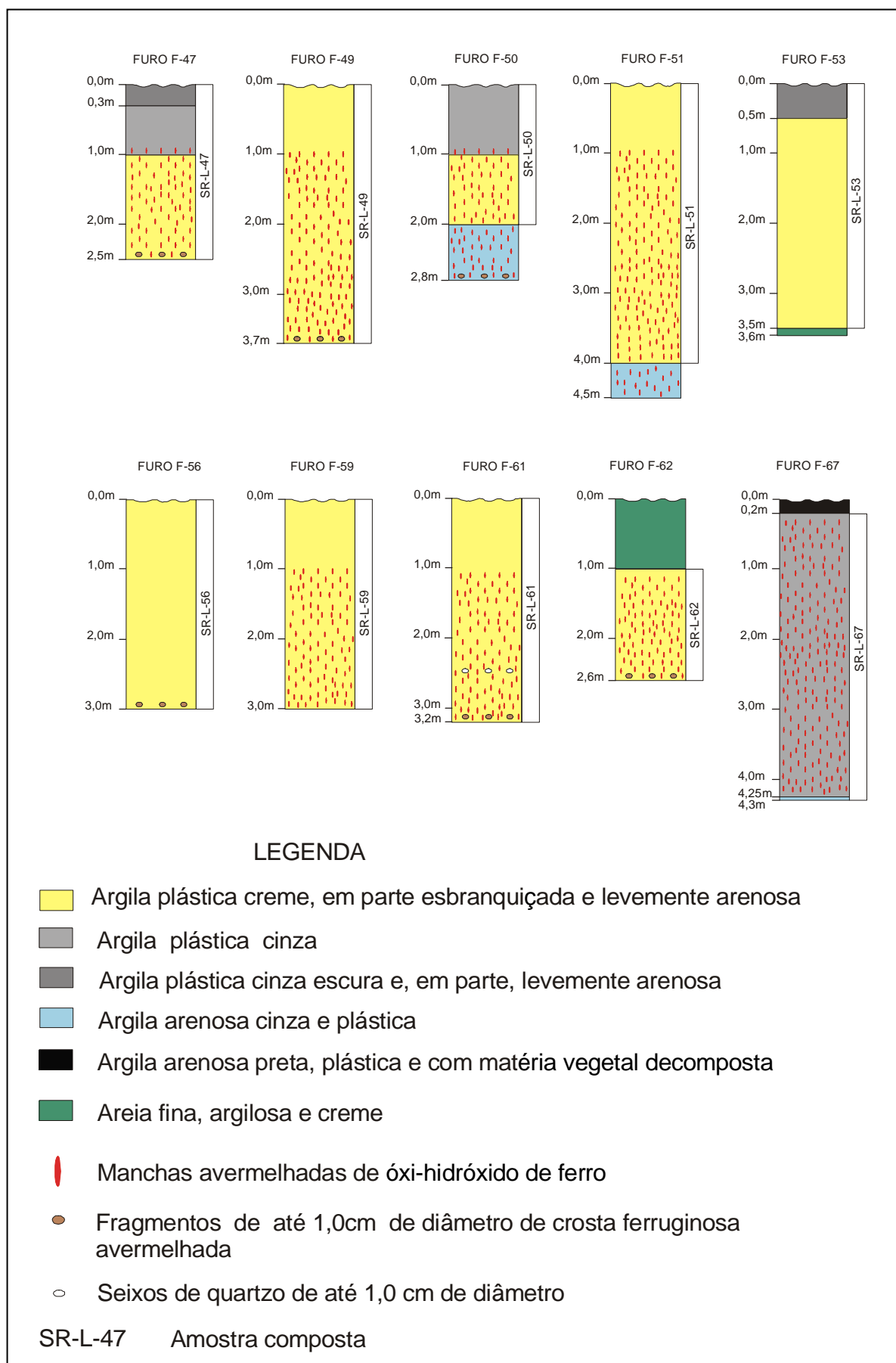
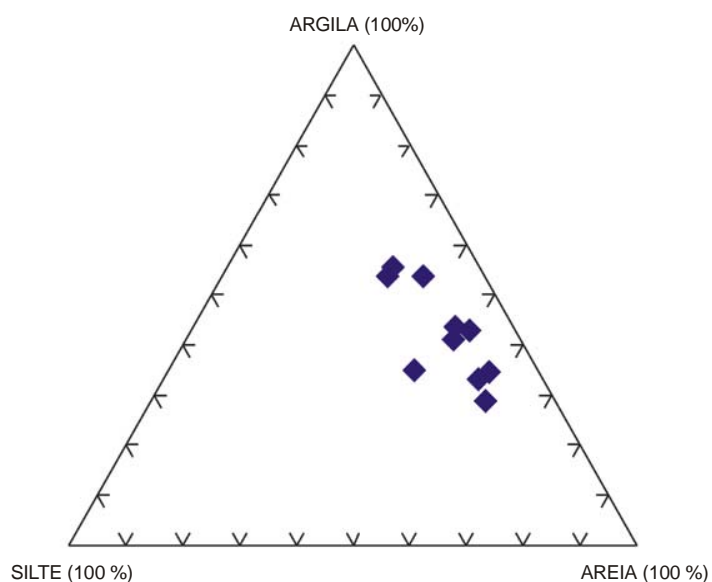


FIGURA 7.19 – Perfis litológicos de dez furos efetuados na Fazenda Brasilândia

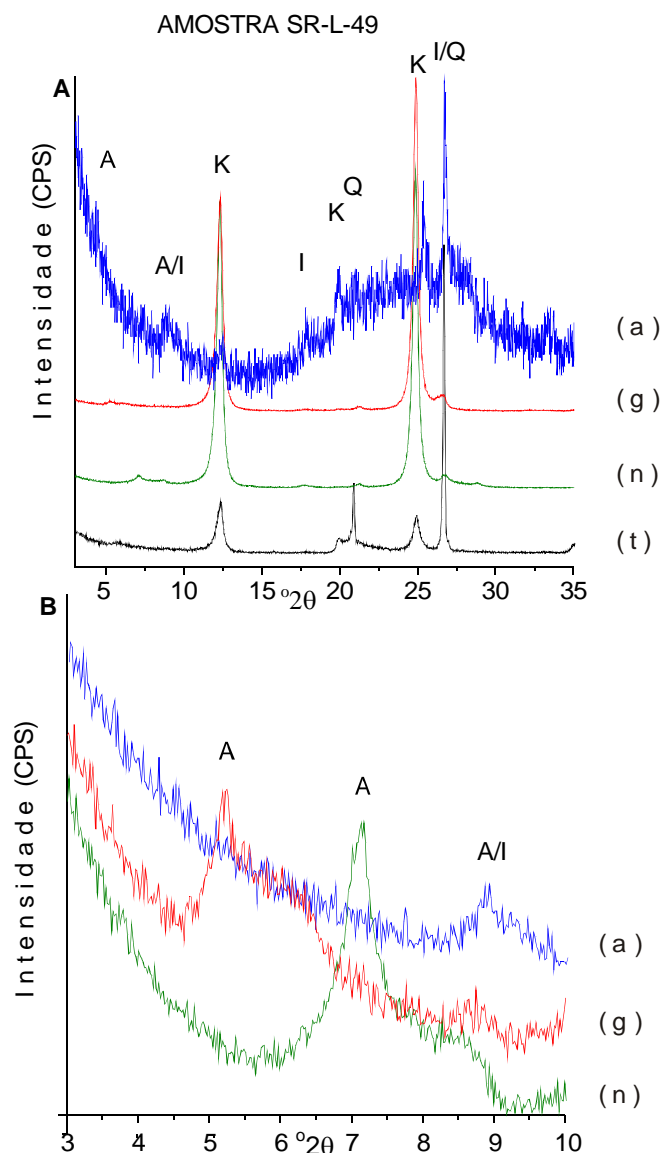
TABELA 7.10 – Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos da Fazenda Brasilândia (Área 2)

Amostra	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
SR-L-47	43,11	7,88	49,01
SR-L-49	53,63	17,11	29,26
SR-L-50	34,94	21,59	43,47
SR-L-51	28,87	12,30	58,83
SR-L-53	34,75	8,61	56,64
SR-L-56	55,53	15,22	29,25
SR-L-59	43,50	10,35	46,15
SR-L-61	33,10	11,32	55,58
SR-L-62	40,97	11,77	47,26
SR-L-67	53,91	10,64	35,45
Média	42,24	12,67	45,09



SR-L-47	SR-L-50	SR-L-53	SR-L-59	SR-L-62
SR-L-49	SR-L-51	SR-L-56	SR-L-61	SR-L-67

FIGURA 7.20 – Diagrama ternário argila/silte/areia relacionado aos sedimentos da Fazenda Brasilândia



Amostra	$^{\circ}2\theta$	Mineral	hkl	Amostra Total (t)			Lâminas Orientadas								
				$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	Seca ao ar (n)			Glicolada (g)			Aquecida (a)		
							$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)
SR - L - 49	Corrida Lenta ($3^{\circ} - 10^{\circ}$)	A	-	-	-	7,22	12,227	100	5,36	16,488	100	8,99	9,833	100	
		I	002	-	-	-	8,51	10,378	19	8,83	10,007	12	8,99	9,833	100
	Corrida Normal ($3^{\circ} - 35^{\circ}$)	K	001	12,29	7,195	13	12,33	7,171	88	12,32	7,179	64	-	-	-
			020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		I	002	24,89	3,574	9	24,86	3,578	100	24,85	3,581	100	-	-	-
			114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,67	10,89	11
		Q	006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,38	3,506	45
			100	20,85	4,256	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			101	26,64	3,344	100	-	-	-	-	-	-	26,75	3,330	100
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

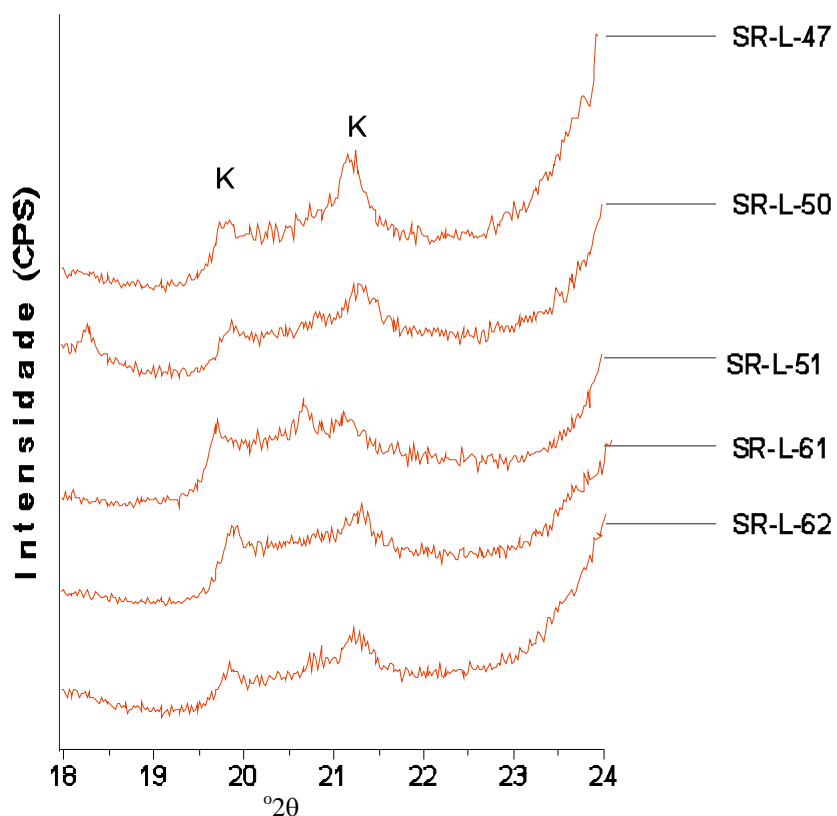
D [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão ausente

FIGURA 7.21 – Difractogramas da amostra SR-L-49 (Fazenda Brasilândia)
 (t) – Amostra total; (n) – Lâmina orientada seca ao ar; (g) – Lâmina orientada glicolada;
 (a) – Lâmina orientada aquecida. K – caulinita; I – illita; Q – quartzo; A – Argilomineral expansivo não identificado

TABELA 7.11 – Reflexões da caulinita nas amostras do depósito da Fazenda Brasilândia

Amostra	hkl (caulinita)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		θ 20	d [Å]	I (%)	θ 20	d [Å]	I (%)	θ 20	d [Å]	I (%)	θ 20	d [Å]	I (%)
SR-L-47	001	12,40	7,130	9	12,32	7,181	65	-	-	-	-	-	-
	020	-	-	-	19,96	4,444	16	-	-	-	-	-	-
	11 $\bar{1}$	-	-	-	21,15	4,197	33	-	-	-	-	-	-
	002	24,87	3,577	6	24,84	3,581	100	-	-	-	-	-	-
SR-L-49	001	12,29	7,195	13	12,33	7,171	88	12,32	7,179	64	X	X	X
	020	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	002	24,89	3,574	9	24,86	3,578	100	24,85	3,581	100	X	X	X
SR-L-50	001	12,48	7,085	9	12,34	7,166	100	-	-	-	-	-	-
	020	-	-	-	20,14	4,405	28	-	-	-	-	-	-
	11 $\bar{1}$	-	-	-	21,32	4,164	50	-	-	-	-	-	-
	002	25,01	3,557	7	24,89	3,575	97	-	-	-	-	-	-
SR-L-51	001	12,34	7,164	7	12,30	7,189	100	-	-	-	-	-	-
	020	-	-	-	19,90	4,457	49	-	-	-	-	-	-
	002	24,97	3,563	4	24,84	3,581	81	-	-	-	-	-	-
SR-L-53	001	12,38	7,146	9	12,37	7,149	90	-	-	-	-	-	-
	020	X	X	X	19,96	4,444	6	-	-	-	-	-	-
	002	24,92	3,570	7	24,91	3,571	100	-	-	-	-	-	-
SR-L-56	001	12,44	7,112	23	12,34	7,165	100	12,35	7,159	100	X	X	X
	020	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	002	25,03	3,555	18	24,90	3,573	74	24,90	3,573	90	X	X	X
SR-L-59	001	12,44	7,107	13	12,35	7,160	100	12,34	7,165	81	X	X	X
	002	25,01	3,557	9	24,89	3,575	87	24,87	3,578	100	X	X	X
SR-L-61	001	12,46	7,096	10	12,35	7,160	100	-	-	-	-	-	-
	020	-	-	-	20,00	4,435	32	-	-	-	-	-	-
	11 $\bar{1}$	-	-	-	21,34	4,161	40	-	-	-	-	-	-
	002	24,97	3,563	6	24,88	3,576	91	-	-	-	-	-	-
SR-L-62	001	12,44	7,107	7	12,30	7,191	81	-	-	-	-	-	-
	020	-	-	-	19,98	4,440	12	-	-	-	-	-	-
	11 $\bar{1}$	-	-	-	21,20	4,187	25	-	-	-	-	-	-
	002	24,99	3,561	5	24,83	3,583	100	-	-	-	-	-	-
SR-L-67	001	12,40	7,132	23	12,33	7,163	74	12,35	7,161	66	X	X	X
	020	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	002	24,93	3,569	16	24,85	3,580	100	24,86	3,578	100	X	X	X

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada



Amostra	Mineral	hkl	Lâmina Orientada		
			Seca ao ar		
			2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-47	Caulinita	020	19,96	4,444	16
		1 $\bar{1}$ 0	-	-	-
		11 $\bar{1}$	21,15	4,197	33
SR-L-50	Caulinita	020	20,14	4,405	28
		1 $\bar{1}$ 0	-	-	-
		11 $\bar{1}$	21,32	4,164	50
SR-L-51	Caulinita	020	19,90	4,457	49
		1 $\bar{1}$ 0	-	-	-
		11 $\bar{1}$	-	-	-
SR-L-61	Caulinita	020	20,00	4,435	32
		1 $\bar{1}$ 0	-	-	-
		11 $\bar{1}$	21,34	4,161	40
SR-L-62	Caulinita	020	19,98	4,440	12
		1 $\bar{1}$ 0	-	-	-
		11 $\bar{1}$	21,20	4,187	25

d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão não revelada

FIGURA 7.22 – Difratogramas das amostras da Fazenda Brasilândia mostrando o comportamento das reflexões da caulinita onde é determinado o índice de Hinckley. K – caulinita

TABELA 7.12 – Reflexões da illita nas amostras do depósito da Fazenda Brasilândia

Amostra	hkl (íllita)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		°20	d [Å]	I (%)	°20	d [Å]	I (%)	°20	d [Å]	I (%)	°20	d [Å]	I (%)
SR-L-47	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
SR-L-49	002	X	X	X	8,51	10,378	19	8,83	10,007	12	8,99	9,833	100
	11 $\bar{4}$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,38	3,506	45
	006	X	X	X	X	X	X	26,57	3,352	4	X	X	X
SR-L-50	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
SR-L-51	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
SR-L-53	002	X	X	X	8,89	9,943	4	-	-	-	-	-	-
	006	X	X	X	26,58	3,350	4	-	-	-	-	-	-
SR-L-56	002	X	X	X	8,77	10,080	42	8,69	10,163	13	8,89	9,938	100
	11 $\bar{4}$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,37	3,507	33
	006	X	X	X	26,67	3,340	7	26,64	3,343	6	X	X	X
SR-L-59	002	X	X	X	8,67	10,189	59	8,84	9,996	34	9,11	9,701	100
	004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18,26	4,855	26
	11 $\bar{4}$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,26	3,522	26
	114	X	X	X	X	X	X	X	X	X	27,56	3,234	100
SR-L-61	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
SR-L-62	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
SR-L-67	002	X	X	X	8,72	10,132	10	8,95	9,870	14	8,81	10,029	47
	11 $\bar{4}$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,36	3,509	45
	114	X	X	X	X	X	X	X	X	X	27,61	3,229	12

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada

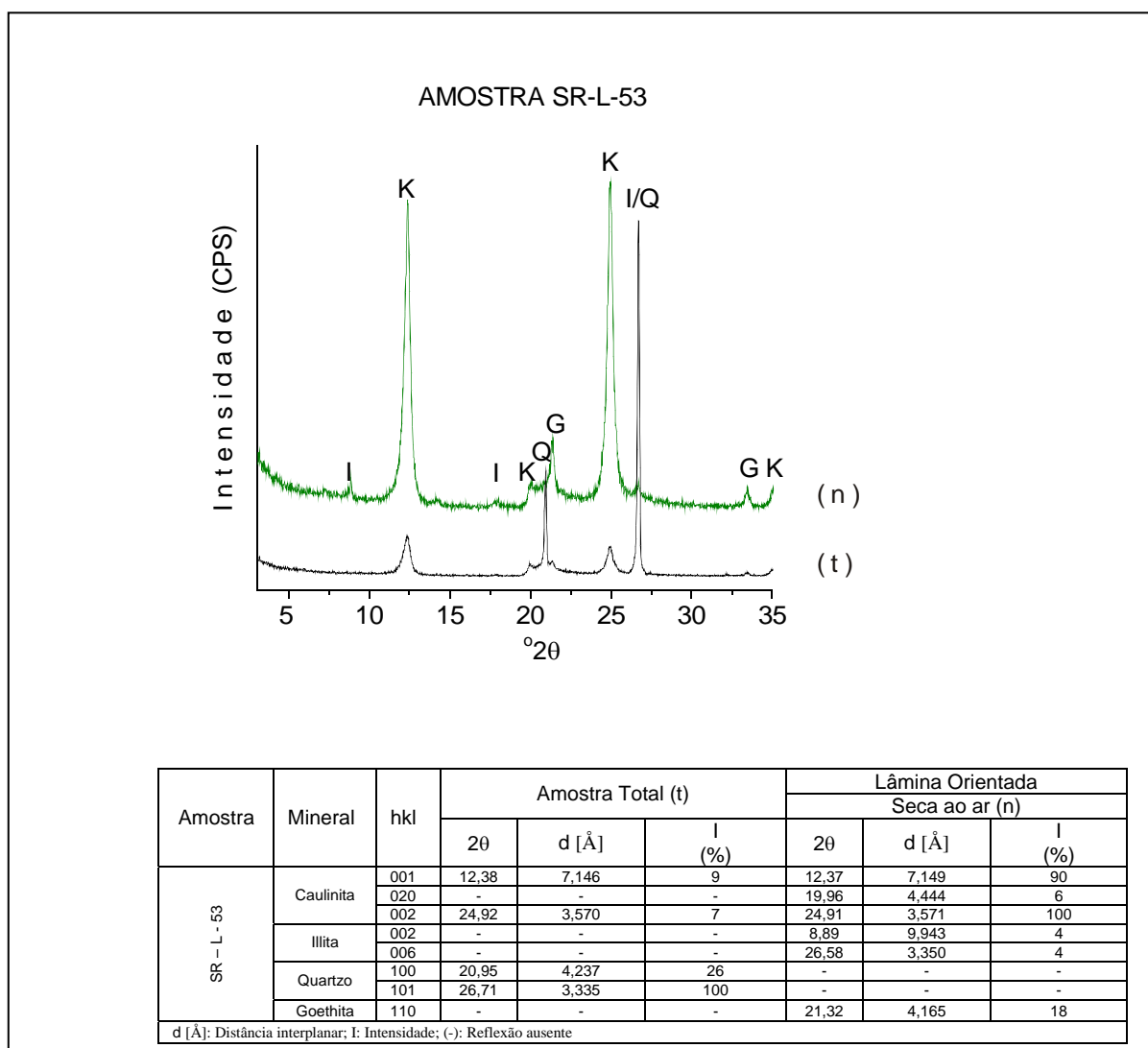
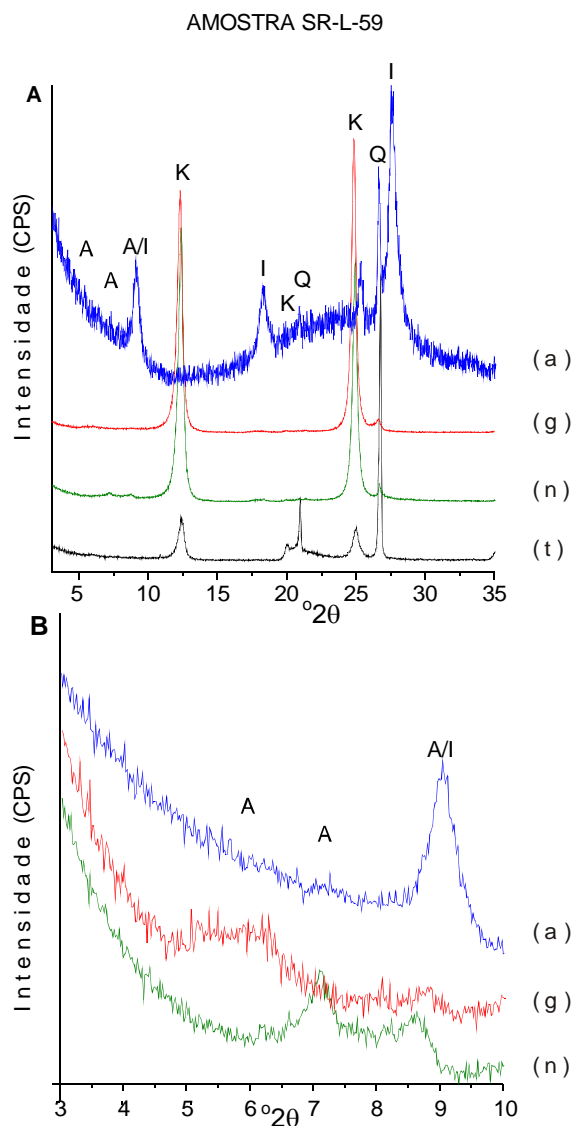


FIGURA 7.23 – Difractogramas da amostra SR-L-53 (Fazenda Brasilândia).

(t) – Amostra total; (n) – Lamina orientada seca ao ar.

K – caulinita; I – illita; Q – quartzo; G – goethita



Amostra	2θ	Mineral	hkl	Amostra Total (t)			Lâminas Orientadas								
				2θ	d [Å]	I (%)	Seca ao ar (n)			Glicolada (g)			Aquecida (a)		
							2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-59	Corrida Lenta ($3^\circ - 10^\circ$)	A	-	-	--	7,22	12,239	100	5,96	14,817	100	9,11	9,701	100	
		I	002	-	-	-	8,67	10,189	59	8,84	9,996	34	9,11	9,701	100
	Corrida Normal ($3^\circ - 35^\circ$)	K	001	12,44	7,107	13	12,35	7,160	100	12,34	7,165	81	-	-	-
			002	25,01	3,557	9	24,89	3,575	87	24,87	3,578	100	-	-	-
		I	002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,14	9,667	33
			004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,26	4,855	26
			114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,26	3,522	26
			114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,56	3,234	100
		Q	100	20,96	4,235	18	-	-	-	-	-	-	20,83	4,262	12
			101	26,73	3,332	100	-	-	-	-	-	-	26,63	3,334	50

d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão ausente

FIGURA 7.24 – Difratomogramas da Amostra SR-L-59 (Fazenda Brasilândia)
 (t) – Amostra Total; (n) – Lâmina Orientada Seca ao Ar; (g) – Lâmina Orientada Glicolada;
 (a) – Lâmina Orientada Aquecida. K – Caulinita; I – Illita; Q – Quartzo; A – Argilomineral expansivo não identificado

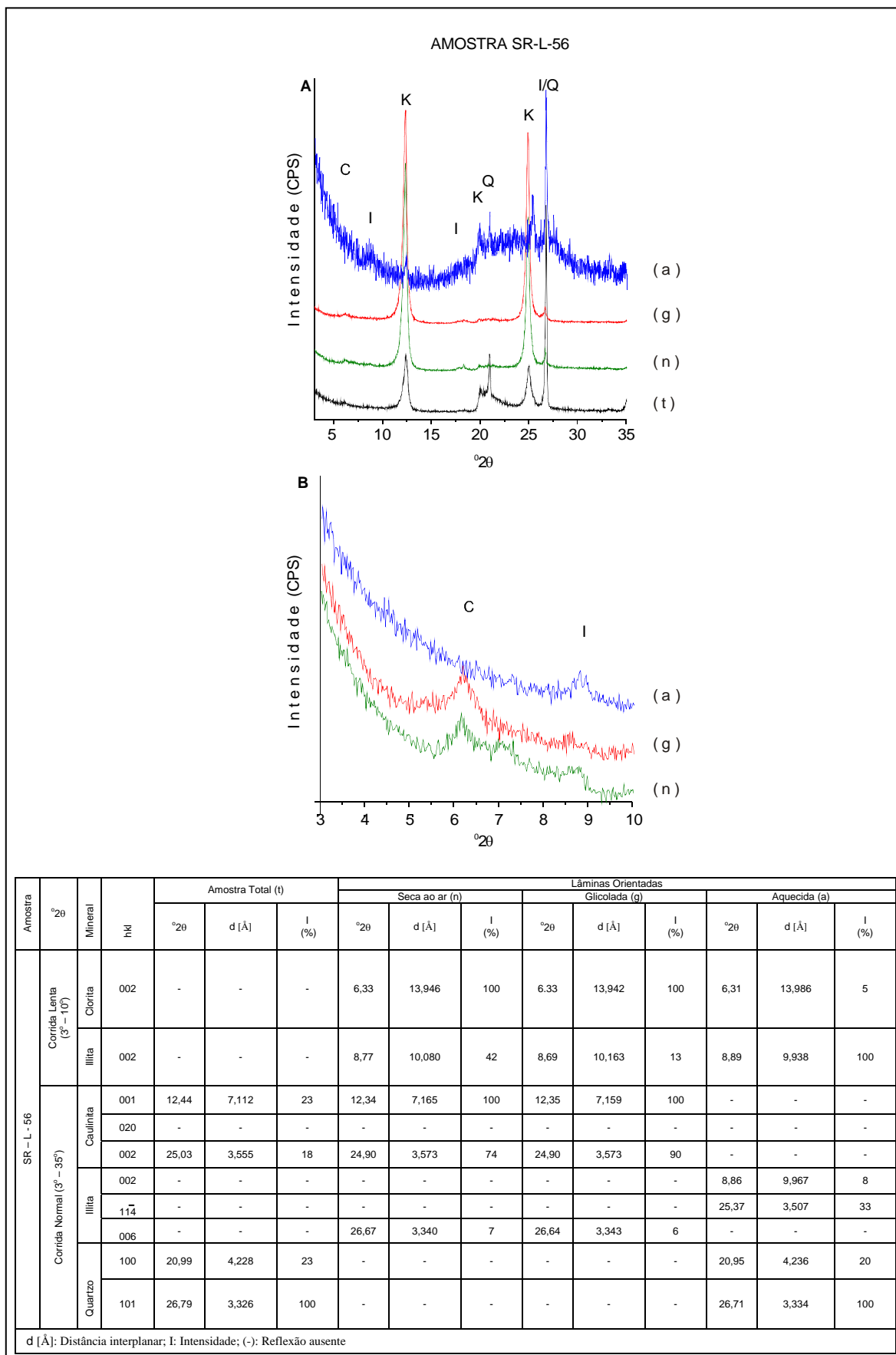


FIGURA 7.25 – Difratogramas da amostra SR-L-56 (Fazenda Brasilândia)
 (t) – Amostra total; (n) – Lâmina orientada seca ao ar; (g) – Lâmina orientada glicolada;
 (a) – Lâmina orientada aquecida. K – caulinita; I – illita; C – clorita; Q – quartzo

TABELA 7.13 – Reflexões do argilomineral expansivo não identificado, da clorita e goethita nas amostras da Fazenda Brasilândia

Amostra	Mineral	hkl	Amostra Total			Laminas Orientadas								
						Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
			$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	D [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)
SR-L-49	Argilomineral expansivo não identificado		X	X	X	7,22	12,227	100	5,36	16,488	100	8,99	9,833	100
SR-L-67			X	X	X	7,15	12,352	100	5,36	16,489	100	8,81	10,029	47
SR-L-59			X	X	X	7,22	12,239	100	5,96	14,817	100	9,11	9,701	100
SR-L-56	Clorita	002	X	X	X	6,33	13,946	100	6,33	13,942	100	6,31	13,986	5
SR-L-56	Goethita	110	X	X	X	21,32	4,165	18	X	X	X	X	X	X

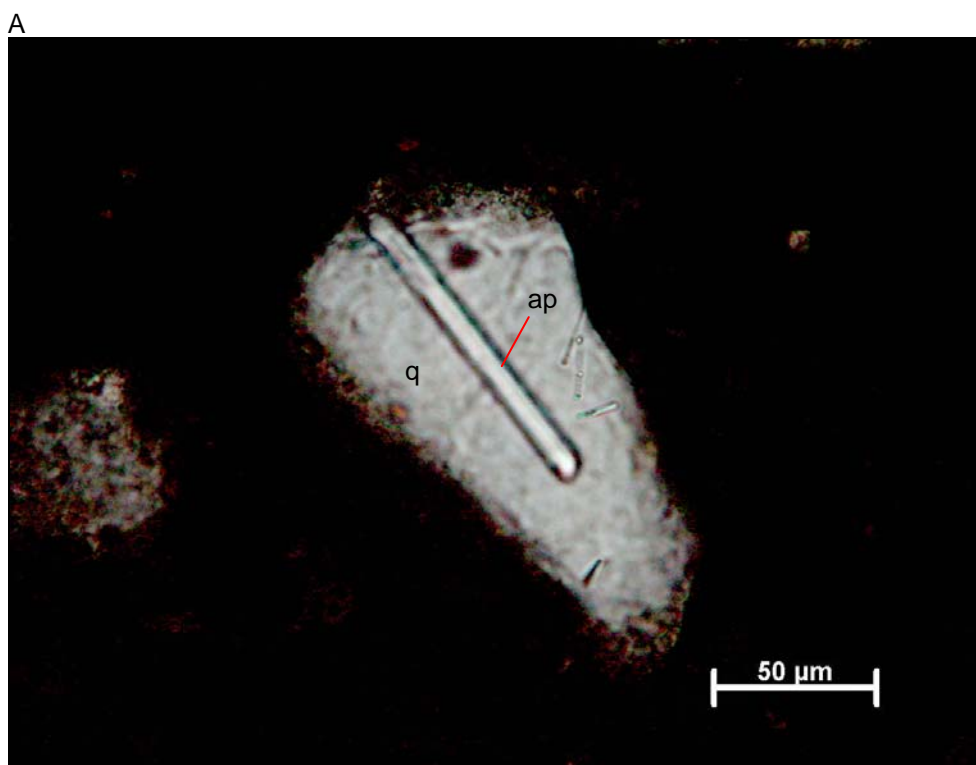
d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente

TABELA 7.14 – Reflexões do quartzo nas amostras da Fazenda Brasilândia

Amostra	hkl (Quartzo)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	D [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)
SR-L-47	100	20,92	4,242	20	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,71	3,335	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-49	100	20,85	4,256	18	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	101	26,64	3,344	100	X	X	X	X	X	X	26,75	3,330	100
SR-L-50	100	20,97	4,233	21	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,76	3,328	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-51	100	20,89	4,250	37	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,66	3,341	100	26,61	3,347	8	-	-	-	-	-	-
SR-L-53	100	20,95	4,237	26	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,71	3,335	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-56	100	20,99	4,228	23	X	X	X	X	X	X	20,95	4,236	20
	101	26,79	3,326	100	X	X	X	X	X	X	26,71	3,334	100
SR-L-59	100	20,96	4,235	18	X	X	X	X	X	X	20,83	4,262	12
	101	26,73	3,332	100	X	X	X	X	X	X	26,63	3,344	50
SR-L-61	100	20,99	4,228	49	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,76	3,328	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-62	100	21,01	4,225	11	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,80	3,324	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-67	100	20,96	4,236	21	X	X	X	X	X	X	20,94	4,240	16
	101	26,73	3,333	100	X	X	X	X	X	X	26,70	3,336	100

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada

AMOSTRA SR-L-47



AMOSTRA SR-L-49

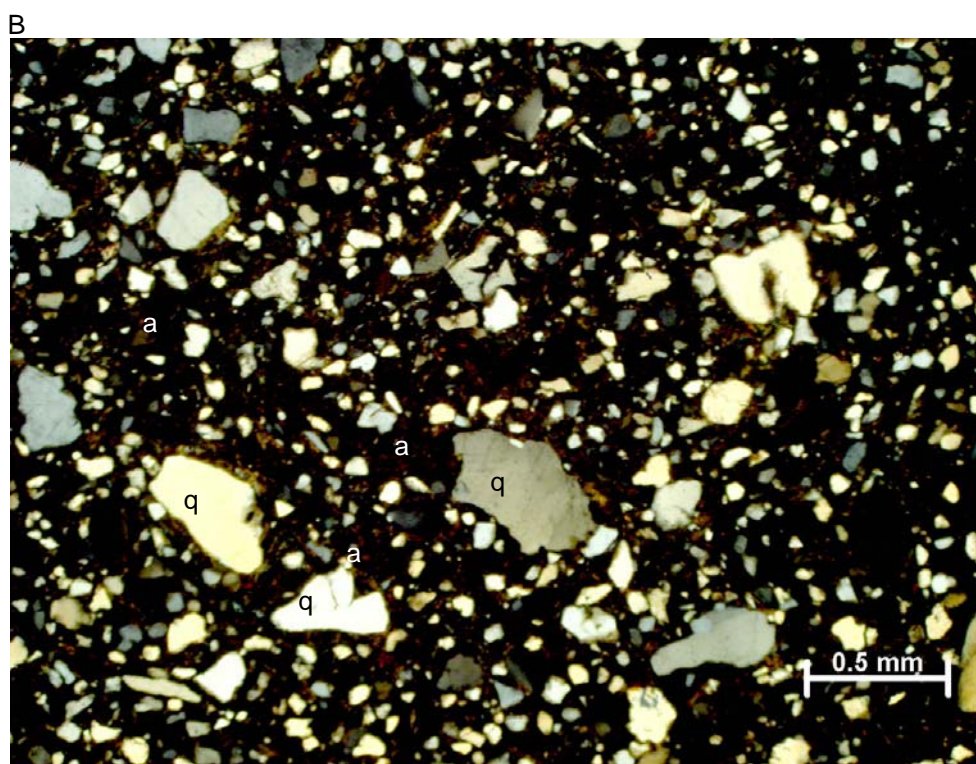


FIGURA 7.26 – Fotomicrografias da amostra SR-L-47 e SR-L-49 (Fazenda Brasilândia).
A – Cristal de quartzo (q) com inclusão de apatita (ap) – nicóis //
B – Grãos de quartzo (q) envoltos por argila (a) – nicóis x

AMOSTRA SR-L-61

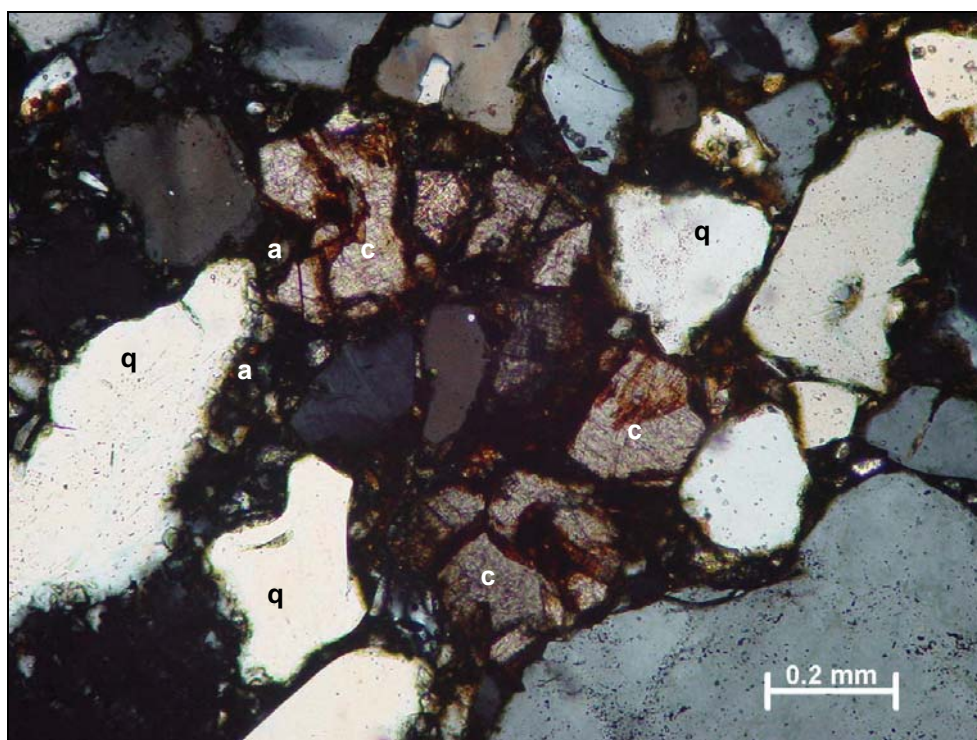
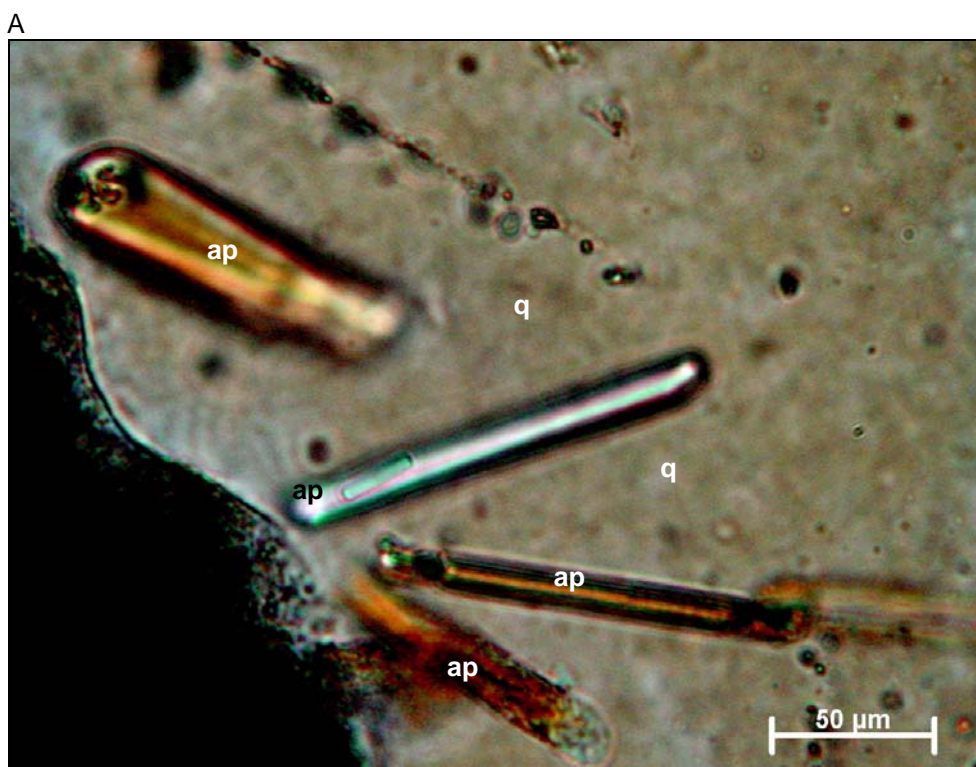


FIGURA 7.27 – Fotomicrografia da amostra SR-L-61 (Fazenda Brasilândia). Carbonato (c) e quartzo (q) envolvidos por argila (a) – nicóis x

AMOSTRA SR-L-67



AMOSTRA SR-L-67

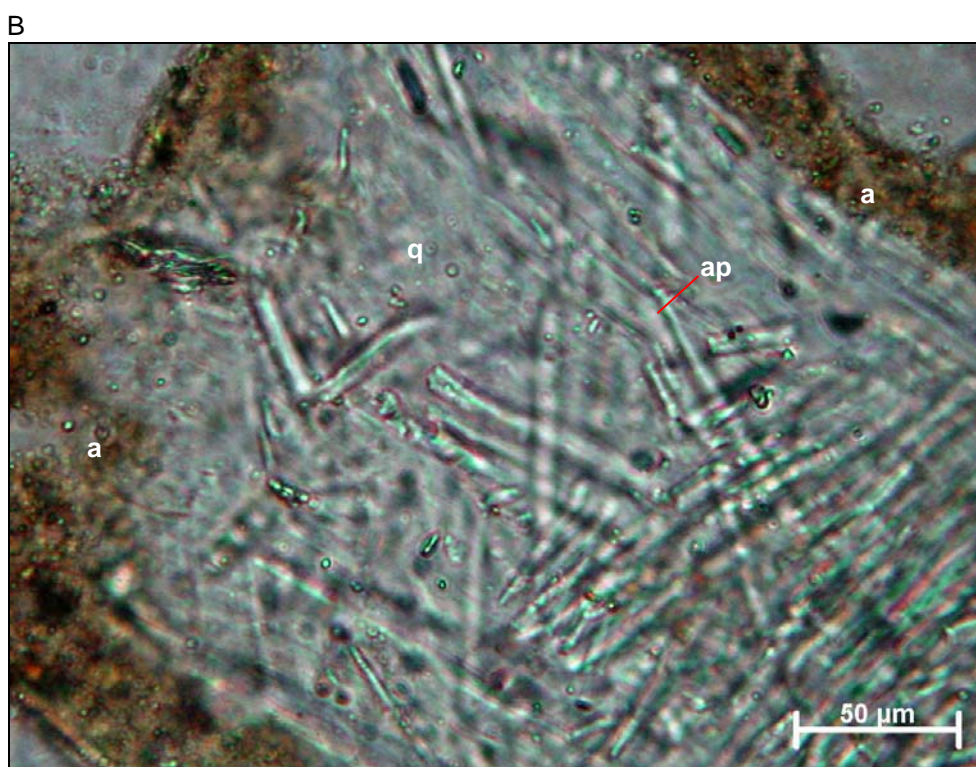
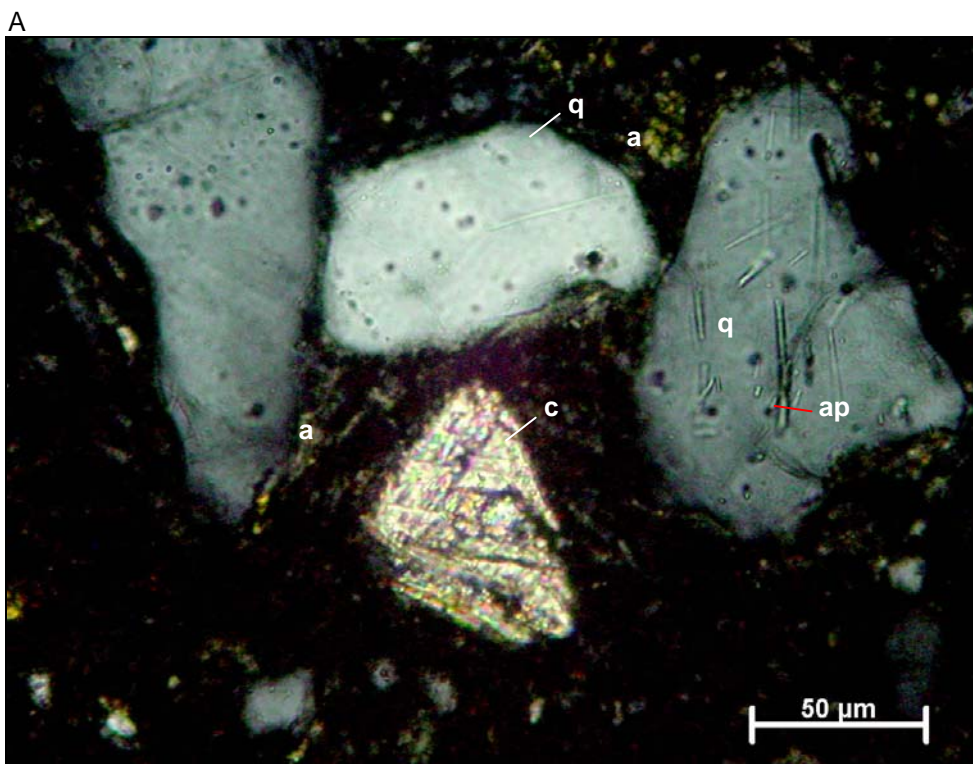


FIGURA 7.28 – Fotomicrografias da amostra SR-L-67 (Fazenda Brasilândia).
 A – Cristal de quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) - nicóis x
 B – Cristal de quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) envolto por argila (a) – nicóis //

AMOSTRA SR-L-67



AMOSTRA SR-L-67

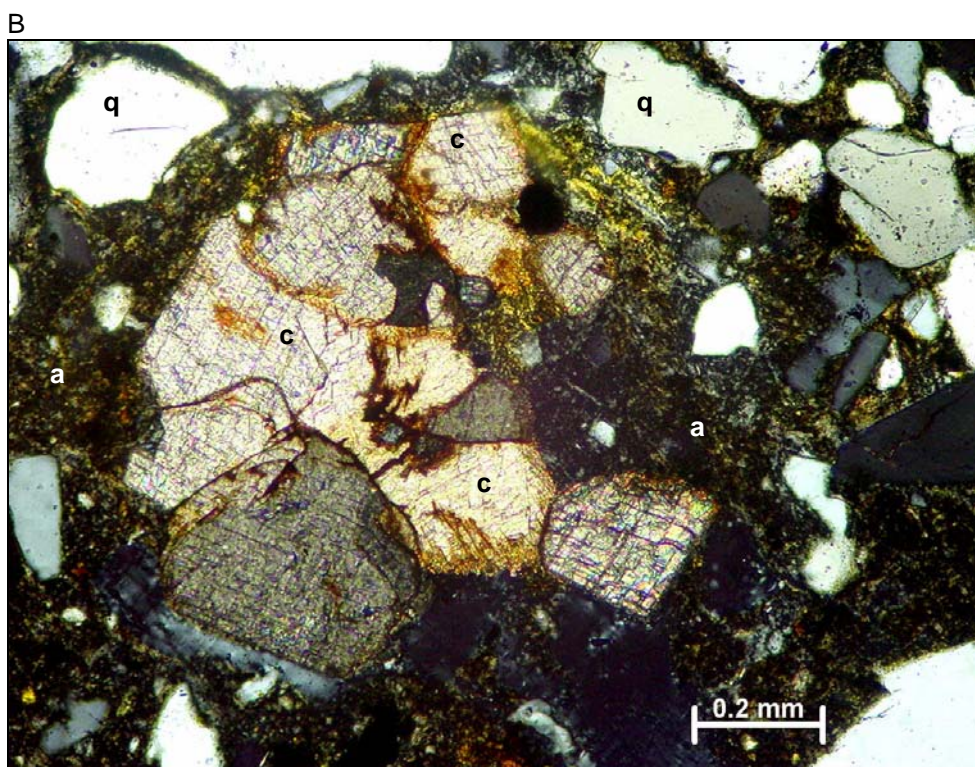
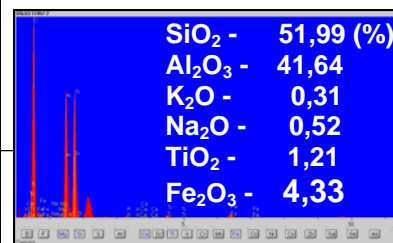
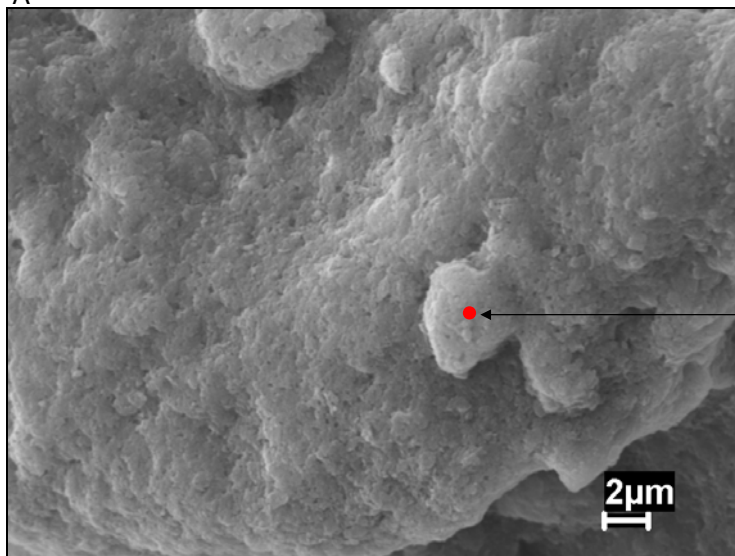


FIGURA 7.29 – Fotomicrografias da amostra SR-L-67 (Fazenda Brasilândia).
 A – Carbonato (c) e quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) envoltos por argila (a) - nicóis x
 B – Fragmento de rocha carbonática (c) e gases de quartzo (q) envoltos por argila (a) – nicóis x

AMOSTRA SR-L-53

A



AMOSTRA SR-L-53

B

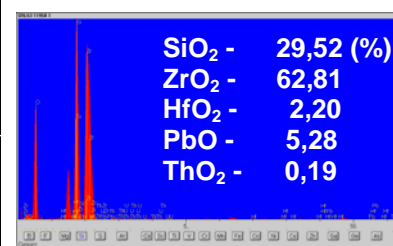
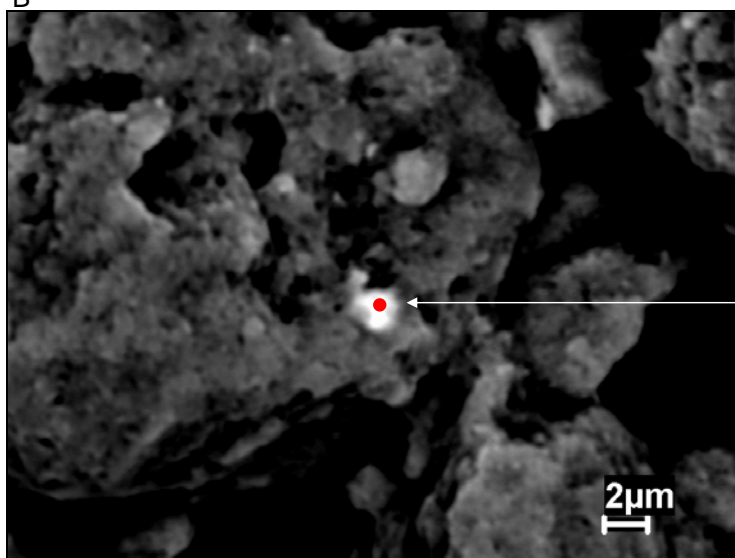


FIGURA 7.30 – Imagens da MEV da amostra SR-L-53 com seus respectivos EDS.

A – Imagem produzida por elétrons secundários indicando a presença de caulinita de textura maciça e granulação muito fina.

B – Imagem produzida por elétrons retroespalhados com indicação de um cristal de zircão

TABELA 7.15 – Minerais detectados nos sedimentos da Fazenda Brasilândia (Área 2)

Furo	Amostra	DRX							Petrografia/Lupa Binocular												MEV					
		Caulinita	Ilita	Argilomineral expansivo não identificado	Clorita	Goethita	Quartzo	Apatita	Muscovita	Goethita	Rutilo	Carbonato	Quartzo	Zircão	Sericita	Ilmenita	Magnetita	Granada	Plagioclásio	Fragmento de Crosta Ferruginosa	Fragmento de Quartzo	Caulinita	Ilmenita	Zircão		
F-47	SR-L-47	X				X	X	X				X										X				
F-49	SR-L-49	X	X	X								X										X				
F-50	SR-L-50	X				X						X										X				
F-51	SR-L-51	X				X						X										X				
F-53	SR-L-53	X	X			X			X			X										X				X
F-56	SR-L-56	X	X			X						X										X				
F-59	SR-L-59	X	X			X			X			X										X				
F-61	SR-L-61	X				X						X										X				
F-62	SR-L-62	X				X						X										X				
F-67	SR-L-67	X		X		X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

TABELA 7.16 – Composição química (óxidos) dos sedimentos da Fazenda Brasilândia (Área 2)

(%) Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	FeO	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Carbono Orgânico	Perda ao Fogo (P.F)	Total
SR-L-47	59,60	22,70	4,30	1,30	0,20	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,27	11,70	100,19
SR-L-49	59,30	21,50	3,90	1,40	0,45	0,19	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,21	13,20	100,31
SR-L-50	62,50	21,00	4,10	1,40	0,36	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,30	10,50	100,41
SR-L-51	69,30	17,50	2,80	1,30	0,29	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	0,18	8,70	100,24
SR-L-53	64,20	18,60	5,80	1,30	0,27	0,28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	0,27	9,70	100,45
SR-L-56	51,10	25,50	4,00	1,40	0,44	0,17	0,70	<0,05	0,11	<0,05	<0,02	0,53	17,00	100,95
SR-L-59	59,80	23,50	3,20	1,30	0,37	<0,10	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	0,06	0,23	11,40	99,93
SR-L-61	64,20	21,00	2,90	1,40	0,32	0,14	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,21	10,00	100,34
SR-L-62	60,30	23,00	3,40	1,30	0,30	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,20	11,60	100,10
SR-L-67	54,70	25,50	3,40	1,30	0,32	0,28	0,07	<0,05	0,06	<0,05	0,02	0,59	14,40	100,64
Média	60,50	21,98	3,78	1,34	0,33	0,17	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,29	11,82	100,35

TABELA 7.17 – Composição química (elementos traços) dos sedimentos da Fazenda Brasilândia (Área 2)

Elemento Amostra	10 a 100 ppm				1 a 10 ppm										< 1 ppm
	V	Ba	B	Cr	Sc	Pb	Zn	Cu	Y	Sr	Ni	As	Sn	Co	Mo
SR-L-47	55	15	39	21	10	7	5	4	2	1	1	1	1	1	<0,2
SR-L-49	46	64	29	17	7	8	7	8	10	2	2	2	1	1	<0,2
SR-L-50	71	63	37	25	10	8	7	8	9	4	2	2	1	1	<0,2
SR-L-51	62	35	21	17	6	5	12	8	2	5	1	1	1	1	<0,2
SR-L-53	45	15	57	17	6	8	7	3	2	1	1	2	1	1	<0,2
SR-L-56	59	39	34	23	7	7	9	8	5	2	4	2	1	2	<0,2
SR-L-59	57	39	22	16	7	6	5	5	3	3	1	1	1	1	<0,2
SR-L-61	34	21	16	13	8	5	4	2	4	2	1	1	1	1	<0,2
SR-L-62	49	20	25	17	7	6	5	8	3	1	2	1	1	1	<0,2
SR-L-67	60	15	23	15	6	7	5	8	2	1	1	1	1	1	<0,2
Média	54	33	30	18	7	7	7	6	4	2	2	1	1	1	<0,2
Média Crustal*	135	425	10	100	22	13	70	55	33	375	75	1,8	2	25	1,5

(*) Dados de MASON (1966)

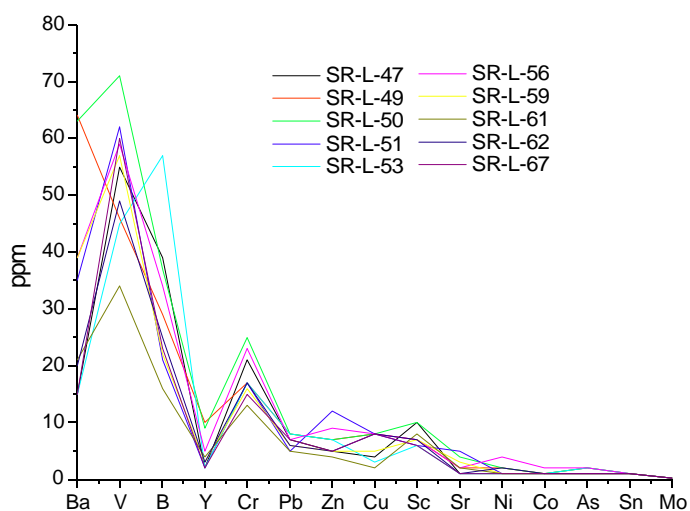


FIGURA 7.31 – Distribuição dos elementos traços no depósito da Fazenda Brasilândia

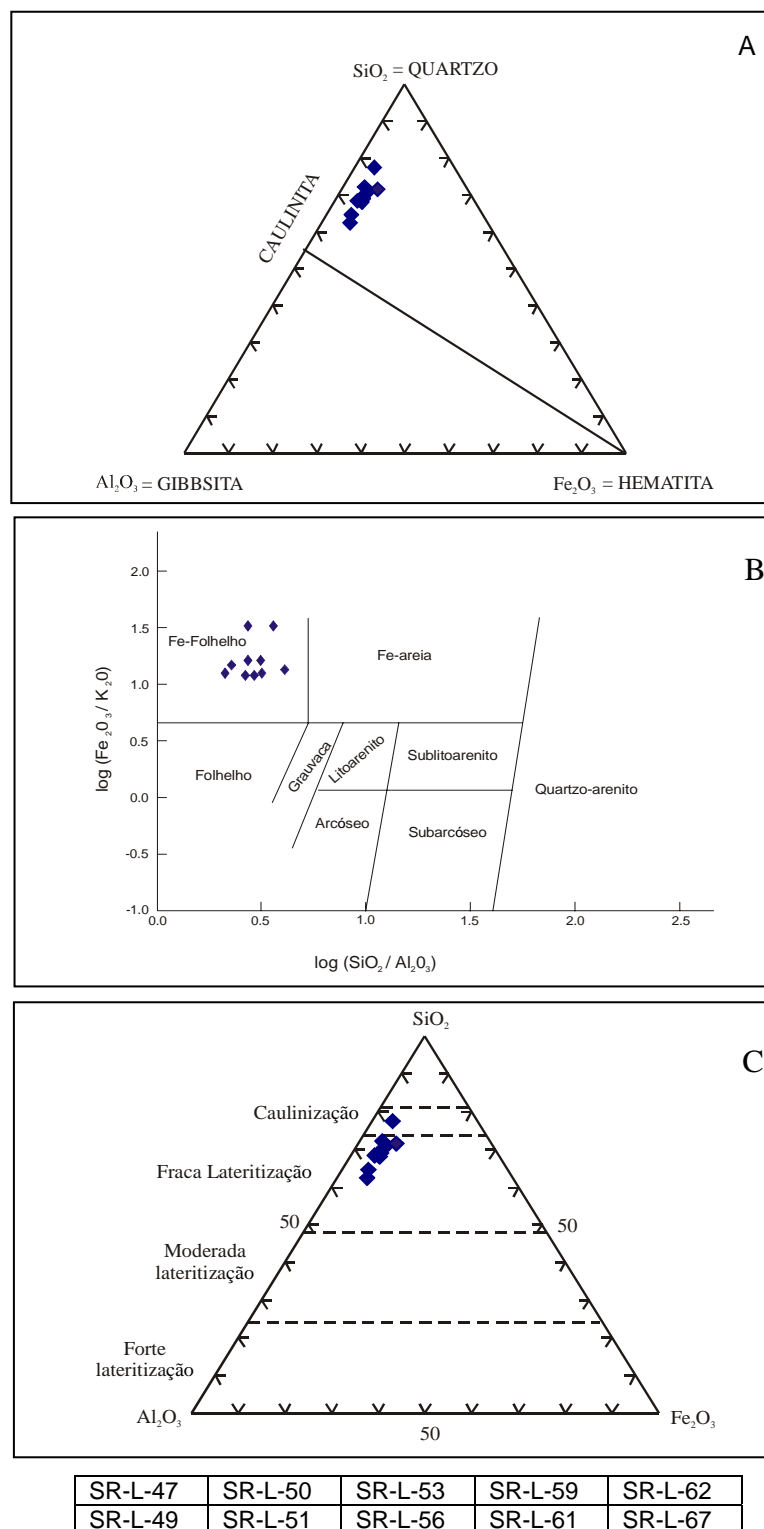


FIGURA 7.32 – (A) Sedimentos da Fazenda Brasilândia no campo das caulinitas no diagrama ternário de BOURMAN e OLLIER (2002).

(B) Caracterização litológica dos sedimentos da Fazenda Brasilândia como Fe – Folhelhos, baseado na classificação de arenitos e folhelhos terrígenos através do diagrama $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de HERRON (1988).

(C) Sedimentos da Fazenda Brasilândia, cujas amostras plotam preferencialmente no campo da “fraca lateritização” no diagrama ternário de SCHELLMANN (1983).

7.3 FORMAÇÃO BOA VISTA

7.3.1 Caracterização Litológica

Os estudos no âmbito da Formação Boa Vista revelam ser essa unidade constituída predominantemente de grauvaca creme muito intemperizada, sendo que, localmente, ocorrem manchas de óxi-hidróxido de ferro avermelhadas ao longo dos perfis, conforme atestam os furos de sondagem F-01, F-63, F-70, F-73 e F-75 (**FIGURA 7.33**). Os grãos de quartzo que ocorrem associados à argila apresentam granulação fina até grossa, são angulosos, subangulosos e subarredondados. A plasticidade apresentada nos ensaios de campo por essas rochas intemperizadas é muito baixa.

7.3.2 Caracterização Granulométrica

Nas grauvacas da Formação Boa Vista a fração areia (65,23%) é dominante sobre as frações argila (20,25%) e silte (14,52%), conforme visto da **TABELA 7.18**. O comportamento da distribuição dessas frações é observado no diagrama ternário (**FIGURA 7.34**).

7.3.3 Caracterização Mineralógica

Os minerais determinados através da DRX foram:

CAULINITA - É o argilomineral que predomina. Nas análises das amostras totais verifica-se que a caulinita está presente nas amostras SR-L-01, SR-L-63, SR-L-73 e SR-L-75, caracterizando-se nos planos 001 e 002 onde os difratogramas mostram reflexões relativamente abertas, de intensidades relativas baixas, distâncias interplanares variando entre 7,077Å a 7,183Å e 3,557Å a 3,574Å, respectivamente e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ entre 12,31 $^{\circ}$ a 12,50 $^{\circ}$ e 24,89 $^{\circ}$ a 25,01 $^{\circ}$, respectivamente.

Nas lâminas orientadas secas ao ar a caulinita repete suas reflexões nos planos 001 e 002, porém elas são estreitas e melhores caracterizadas nos difratogramas que as amostras totais (**FIGURA 7.35 e TABELA 7.19**). Também em lâminas orientadas secas ao ar esse argilomineral ficou caracterizado no plano 020 em todas as amostras analisadas, ocorrendo sob forma de reflexões abertas, mal formadas, de intensidades baixas (amostras SR-L-01, SR-L-63 e SR-L-75) e altas (amostras SR-L-70 e SR-L-73), **FIGURAS 7.35 e 7.36** e sendo mais expressivas que em amostra total. Essas reflexões apresentam distâncias interplanares variando entre 4,444Å e 4,489Å e ocorrem em $^{\circ}2\theta$ entre 19,76 $^{\circ}$ e 19,96 $^{\circ}$. Nas amostras SR-L-63 e SR-L-73 a caulinita caracteriza-se nos planos $\bar{1}\bar{1}0$ e $11\bar{1}$ sob forma de reflexões abertas e mal definidas, distâncias interplanares variando entre 4,329Å a 4,341Å e 4,157Å a 4,176Å, respectivamente e $^{\circ}2\theta$ variando entre 20,44 $^{\circ}$ a 20,54 $^{\circ}$ e 21,26 $^{\circ}$ e 21,36 $^{\circ}$, respectivamente (**FIGURA 7.36**). Em lâmina orientada glicolada (amostra SR-L-01), **FIGURA 7.35**, as reflexões dos planos 001, 002 e 020 são

estreitas e bem formadas, tendo praticamente o mesmo padrão de comportamento que as das lâminas secas ao ar. Quando a lâmina é aquecida observa-se que a estrutura da caulinita é destruída (**FIGURA 7.35**).

As amostras SR-L-63 e SR-L-73 não apresentam reflexões nos planos $1\bar{1}0$ ($20,4^\circ - 2\theta$) e $11\bar{1}$ ($21,3^\circ - 2\theta$) com expressividade para que se pudesse determinar o Índice de Hinckley, enquanto que na SR-L-70 e SR-L-75 as reflexões nesses planos nem ocorrem (**FIGURA 7.36**). Isto indica que as caulinitas da Formação Boa Vista são desordenadas ou mal cristalizadas.

ILLITA - Esse argilomineral ocorre de forma muito subordinada na Formação Boa Vista. A illita só foi detectada na amostra SR-L-01 em lâmina orientada aquecida, cuja reflexão ocorre no plano $11\bar{4}$, onde o difratograma mostra uma reflexão estreita, muito discreta, de intensidade relativa de 31%, distância interplanar de $3,530\text{\AA}$ e 2θ de $25,21^\circ$ (**FIGURA 7.35 e TABELA 7.20**).

QUARTZO - Esse mineral é abundante na Formação Boa Vista e ocorre em todas as amostras totais analisadas. Caracteriza-se nos planos 100 e 101 com reflexões estreitas e bem definidas, distâncias interplanares variando entre $4,218\text{\AA}$ e $4,256\text{\AA}$ e $3,321\text{\AA}$ e $3,346\text{\AA}$, respectivamente em 2θ variando entre $20,86^\circ$ e $21,04^\circ$ e $26,62^\circ$ e $26,82^\circ$, respectivamente. Em lâmina orientada seca ao ar esse mineral foi detectado na amostra SR-L-01, repete suas reflexões nos planos 100 e 101 com intensidade muito baixa, distância interplanar de $4,279\text{\AA}$ e $3,357\text{\AA}$, respectivamente e 2θ em $20,74^\circ$ e $26,53^\circ$, respectivamente. Os difratogramas mostram que as reflexões do quartzo nessa amostra são muito similares tanto em lâmina seca ao ar como glicolada. Com o aquecimento observa-se que as reflexões são menos expressivas que as verificadas em amostra total, lâmina seca ao ar e glicolada (**FIGURA 7.35 e TABELA 7.21**). O quartzo também ficou caracterizado em lâmina seca ao ar nas amostras SR-L-70, SR-L-73 e SR-L-75, cujas reflexões ocorrem apenas no plano 101 com intensidade muito baixa, distâncias interplanares de $3,373\text{\AA}$, $3,345\text{\AA}$ e $3,432\text{\AA}$, respectivamente e em 2θ de $26,41^\circ$, $26,62^\circ$ e $25,94^\circ$, respectivamente (**TABELA 7.21**).

Os estudos petrográficos e com lupa binocular permitiram a determinação dos minerais abaixo:

QUARTZO - É o mineral mais abundante. Sua presença ficou constatada em todas as amostras analisadas. É hialino, anguloso, subanguloso a subarredondado, em parte apresenta-se fraturado e com extinção ondulante e sua granulação varia de tamanho silte à areia grossa (**FIGURA 7.37 a 7.40**).

RUTILO - Constatou-se a presença do rutilo em baixa concentração (traços) na maioria das amostras analisadas. Ele ocorre sob a forma de agulhas como

inclusões nos grãos de quartzo, estando as vezes associado com a apatita (**FIGURA 7.40A**).

APATITA - Esse mineral ocorre também na maioria das amostras analisadas (traços). Aparece sob a forma de bastões e como inclusões nos grãos de quartzo (**FIGURAS 7.37, 7.38B e 7.39**). As vezes ocorre associado com o rutilo (**FIGURA 7.40A**).

ZIRCÃO - Foi detectado nas amostras SR-L-01 e SR-L-63 (traços). É subarredondado, tem granulação fina e apresenta birrefringência alta **FIGURA 7.38A**.

MUSCOVITA - As lamelas tem hábito tabular e ficou constatada apenas na amostra SR-L-75 (traços).

SERICITA - Esse mineral formado pela alteração do feldspato foi detectado na amostra SR-L-70 (traços).

TURMALINA - Apenas 1 cristal livre de turmalina negra (schorlita) foi detectado na amostra SR-L-01. Sua granulação é tamanho areia fina.

ILMENITA - Ocorre em todas as amostras e em baixas concentrações (1% a 2%). É preta, tem brilho metálico e sua granulação é fina.

MAGNETITA - Foi detectada nas amostras SR-L-70, SR-L-73 e SR-L-75 (traços). É preta, tem brilho metálico e sua granulação é fina.

FRAGMENTO DE METACHERT - Fragmentos de metachert cinza escuro com granulação tamanho areia grossa (traços) foram constatados na amostra SR-L-73. Sua derivação provém do Grupo Cauarane.

FRAGMENTO DE CROSTA FERRUGINOSA - Fragmentos de crosta sílico-ferruginosa avermelhada foram observados sob lupa binocular nas amostras SR-L-01 e SR-L-73 em concentrações variando de traços a 2%, cuja granulação varia de tamanho areia média à grossa.

As análises de MEV permitiram caracterizar os seguintes minerais:

CAULINITA - As imagens obtidas em função dos elétrons secundários indicam que as caulinitas da Formação Boa Vista (amostras SR-L-01, SR-L-63, SR-L-70 e SR-L-75) tem texturas maciças e granulação muito fina ($<1\mu\text{m}$), o que sugere uma origem estritamente detrítica (**FIGURA 7.41A**). Os espectros das análises de EDS mostram um comportamento que se assemelham as caulinitas estudadas por WELTON (1984).

As imagens obtidas através de elétrons retroespalhados e com as análises de EDS possibilitaram caracterizar os minerais abaixo:

ZIRCÃO - Esse mineral foi determinado nas amostras SR-L-01 e SR-L-75 e apresenta nas imagens brilho intenso e comprimento em cerca de $30\mu\text{m}$ (**FIGURA 7.41B**).

ILMENITA - Foi constatada na amostra SR-L-73, onde na imagem aparece com brilho intenso e granulação fina em torno de $2\mu\text{m}$.

Os minerais determinados nas grauvacas da Formação Boa Vista estão agrupados na **TABELA 7.22**.

7.3.4 Caracterização Química

As grauvacas da Formação Boa Vista estão caracterizadas quimicamente por apresentarem teores médios alto de SiO_2 (71,04%), moderado de Al_2O_3 (17,52%), seguidos de Fe_2O_3 (1,98%), TiO_2 (1,34%) e K_2O (0,19%), onde Na_2O , CaO e MgO são muito baixos, situados abaixo do limite de detecção e onde o carbono orgânico total é também baixo (0,19%), **TABELA 7.23**.

Os elementos traços estão distribuídos em 2 faixas: de 1 ppm a 50 ppm (V, B, Cr, Zn, Sc, Ba, Cu, Pb, Y, Sn, Sr, As, Co e Ni) e <1 ppm (Mo). Vanádio tem faixa de variação entre 15 ppm e 48 ppm e suas maiores concentrações ocorrem nas amostras SR-L-75 (48 ppm) e SR-L-01 (38 ppm). Boro variando entre 4 ppm e 23 ppm é o único elemento traço da Formação Boa Vista que encontra-se discretamente enriquecido em relação a média crustal e suas maiores concentrações foram verificadas nas amostras SR-L-75 (23 ppm) e SR-L-01 (21 ppm). A faixa de variação do Cr está entre 9 ppm e 21 ppm e suas maiores concentrações ficaram caracterizadas nas amostras SR-L-75 (21 ppm) e SR-L-01 (16 ppm). Zinco que varia entre 3 ppm e 10 ppm mostra suas maiores concentrações nas amostras SR-L-75 (10 ppm) e SR-L-01 (7 ppm). Também o Sc variando entre 2 ppm e 10 ppm tem suas maiores concentrações nas amostras SR-L-75 (10 ppm) e SR-L-01 (8 ppm). Como visto, as maiores concentrações de V, B, Cr, Zn e Sc estão nas amostras SR-L-75 e SR-L-01. Boro no patamar entre 2 ppm e 5 ppm tem suas maiores concentrações nas amostras SR-L-73 (5ppm) e SR-L-70 (4 ppm). Cobre que apresenta-se entre 1 ppm e 10 ppm tem suas maiores concentrações nas amostras SR-L-75 (10 ppm) e SR-L-73 (3 ppm), enquanto que o Pb (1 ppm a 4 ppm), Y (1 ppm a 3 ppm) e Ni (1ppm a 2 ppm) apresentam as maiores concentrações na amostra SR-L-75 (4 ppm, 3 ppm e 2 ppm, respectivamente). As faixas de variação de concentração dos elementos traços na Formação Boa Vista decrescem do V para o B, Cr, Zn, Cu, Sc, Ba, Pb e Y (**FIGURA 7.42**).

Comparando-se os valores médios dos elementos traços (**TABELA 7.24**) determinados com aqueles das unidades que compõe o quadro geológico da área estudada, vistos na **TABELA 7.9**, observa-se que:

- Boro (14 ppm) e Sc (5 ppm) mostram aproximação com as rochas vulcânicas do Grupo Surumu (10 ppm) e (5 ppm), respectivamente;
- Cromo (13 ppm) e Zn (5 ppm) se aproximam dos metacherts do Grupo Cauarane (17 ppm) e (5 ppm), respectivamente;
- Chumbo (2 ppm), As (1 ppm) e Mo (<0,2 ppm) mostram correspondência com as argilas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri (3 ppm), (1 ppm) e (<0,2 ppm), respectivamente;

- Estanho (1 ppm) se aproxima dos paragnaisse e kinzigitos do Grupo Cauarane (2 ppm) e das argilas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri (<0,5 ppm).

Baseando-se em MASON (1966), observa-se que os valores de Sc (5 ppm) e As (1 ppm) se aproximam da média das rochas graníticas (3 ppm) e (0,8 ppm), respectivamente.

Os elementos maiores também dão uma indicação do argilomineral predominante. Isto é verificado no diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de BOURMAN e OLLIER (2002), **FIGURA 7.43A**, onde todas as amostras encontram-se no campo da caulinita. O predomínio desse argilomineral na Formação Boa Vista é corroborado pelas análises de DRX e MEV.

Usando-se os elementos maiores foi possível caracterizar litologicamente os sedimentos argilosos da Formação Boa Vista como sendo em parte constituídos de Fe-Folhelhos e, em parte de Fe-Areia, conforme mostrado no diagrama $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de HERRON (1988), **FIGURA 7.43B**.

No diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SCHELLMANN (1983), **FIGURA 7.43C**, parte das amostras encontram-se no campo da “caulinização” e parte no campo da “fraca lateritização”.

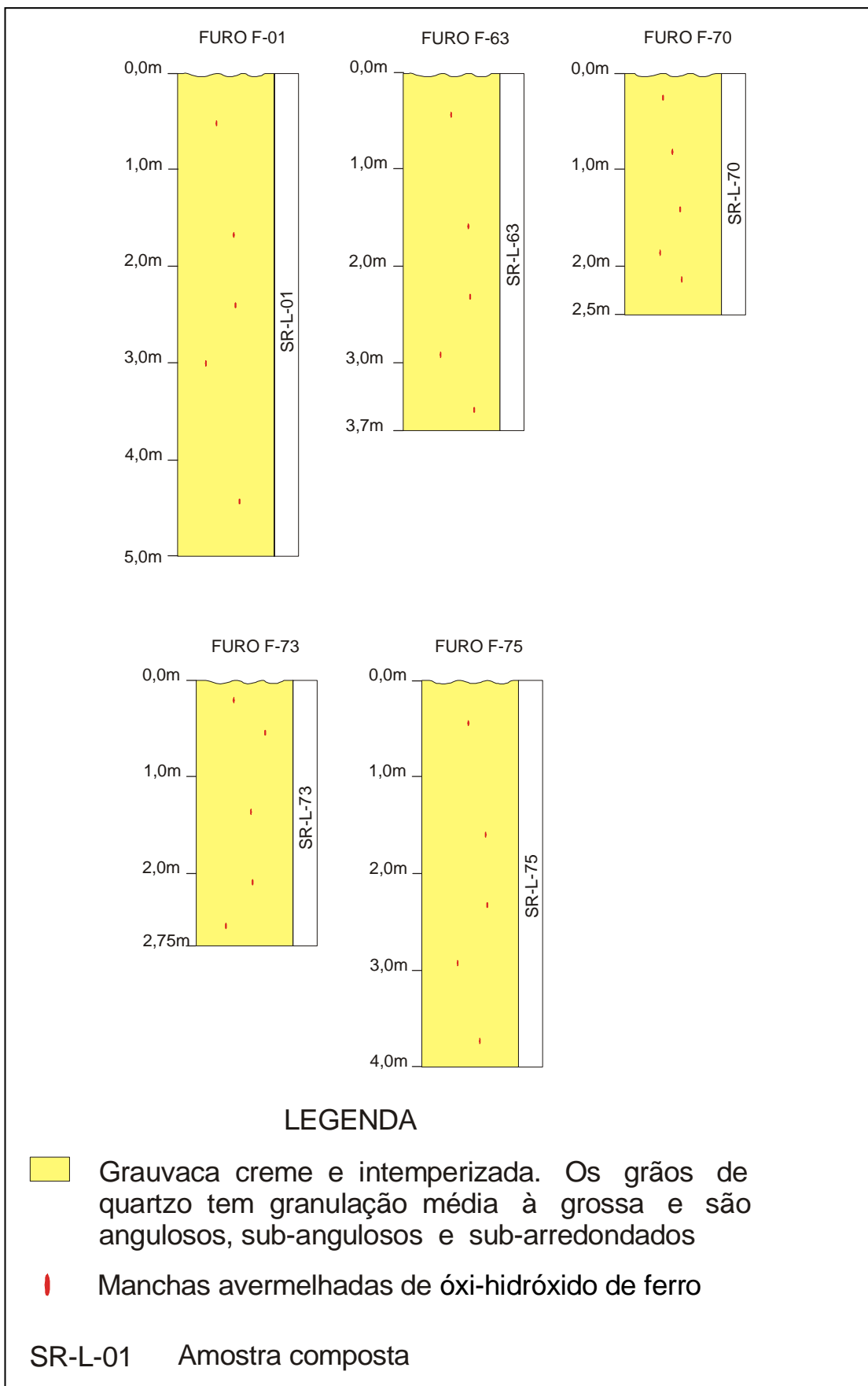


FIGURA 7.33 – Perfis litológicos de cinco furos efetuados na Formação Boa Vista

TABELA 7.18 – Classificação de argila, silte e areia das grauvas da Formação Boa Vista

Amostra	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
SR-L-01	20,94	25,80	53,26
SR-L-63	21,06	10,36	68,58
SR-L-70	17,55	6,01	76,44
SR-L-73	18,51	9,55	71,94
SR-L-75	23,16	20,92	55,92
Média	20,25	14,52	65,23

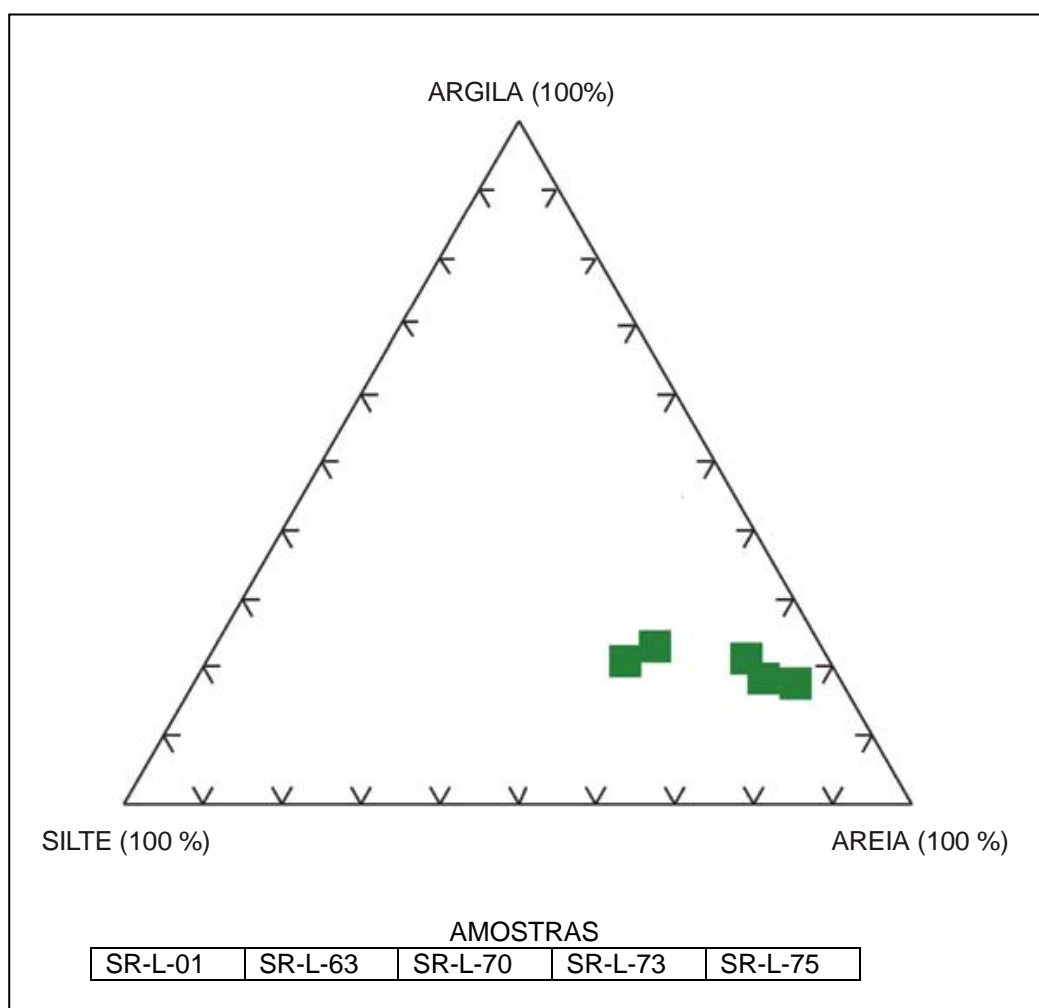
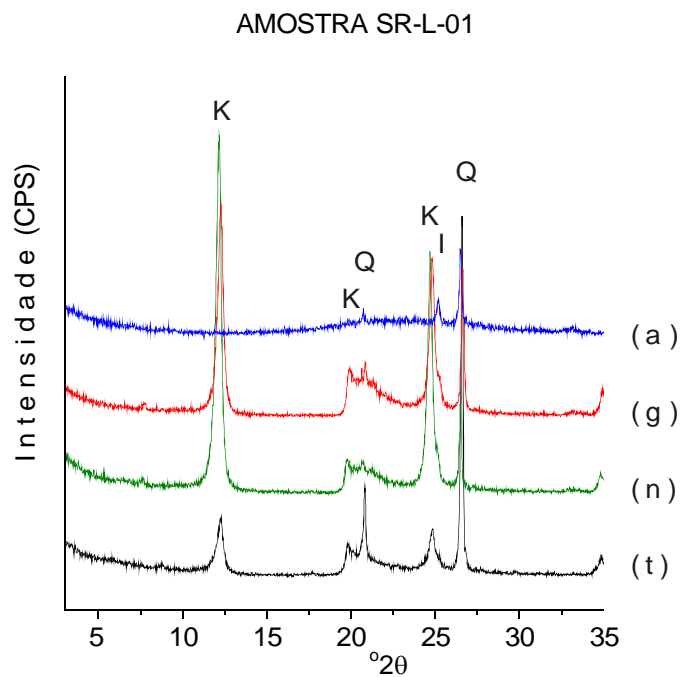


FIGURA 7.34 – Comportamento das grauvas da Formação Boa Vista no diagrama ternário argila/silte/areia



Amostra	Mineral	hkl	Amostra Total (t)			Lâminas Orientadas								
			°2θ	d [Å]	I (%)	Seca ao ar (n)			Glicolada (g)			Aquecida (a)		
						°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)
Corrida Normal (3° - 35°)	Caulinita	001	12,31	7,183	12	12,22	7,236	100	12,33	7,171	100	-	-	-
		020	--	-	-	19,84	4,471	8	19,96	4,444	22	-	-	-
		002	24,89	3,574	9	24,73	3,598	64	24,85	3,580	73	-	-	-
	Quartzo	114̄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,21	3,530	31
		100	20,86	4,256	19	20,74	4,279	7	20,9	4,247	20	20,77	4,273	13
			101	26,62	3,346	100	26,53	3,357	20	26,66	3,341	64	26,55	3,355

d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão ausente

FIGURA 7.35 – Difractogramas da amostra SR-L-01 (Formação Boa Vista).
 (t) – Amostra total; (n) – Lâmina orientada seca ao ar; (g) – Lâmina orientada glicolada;
 (a) – Lâmina orientada aquecida. K – caulinita; I – illita; Q – quartzo

TABELA 7.19 – Reflexões da caulinita nas amostras das grauvas da Formação Boa Vista

Amostra	hkl (Caulinita)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)	$^{\circ}2\theta$	d [Å]	I (%)
SR-L-01	001	12,31	7,183	12	12,22	7,236	100	12,33	7,171	100	X	X	X
	020	X	X	X	19,84	4,471	8	19,96	4,444	22	X	X	X
	002	24,89	3,574	9	24,73	3,598	64	24,85	3,580	73	X	X	X
SR-L-63	001	12,32	7,176	4	12,31	7,185	100	-	-	-	-	-	-
	020	X	X	X	19,94	4,449	9	-	-	-	-	-	-
	$\bar{1}\bar{1}0$	-	-	-	20,44	4,341	100	-	-	-	-	-	-
	$1\bar{1}\bar{1}$	-	-	-	21,36	4,157	50	-	-	-	-	-	-
	002	24,94	3,567	3	24,81	3,585	60	-	-	-	-	-	-
SR-L-70	001	X	X	X	12,08	7,321	100	-	-	-	-	-	-
	020	X	X	X	19,76	4,489	100	-	-	-	-	-	-
	002	X	X	X	24,63	3,545	73	-	-	-	-	-	-
SR-L-73	001	12,50	7,077	5	12,34	7,168	100	-	-	-	-	-	-
	020	X	X	X	19,96	4,444	100	-	-	-	-	-	-
	$\bar{1}\bar{1}0$	-	-	-	20,50	4,329	69	-	-	-	-	-	-
	$1\bar{1}\bar{1}$	-	-	-	21,26	4,176	55	-	-	-	-	-	-
	002	25,01	3,557	4	24,85	3,580	78	-	-	-	-	-	-
SR-L-75	001	12,42	7,120	5	12,23	7,234	4	-	-	-	-	-	-
	020	X	X	X	19,84	4,471	13	-	-	-	-	-	-
	002	24,94	3,567	5	24,65	3,608	8	-	-	-	-	-	-

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada

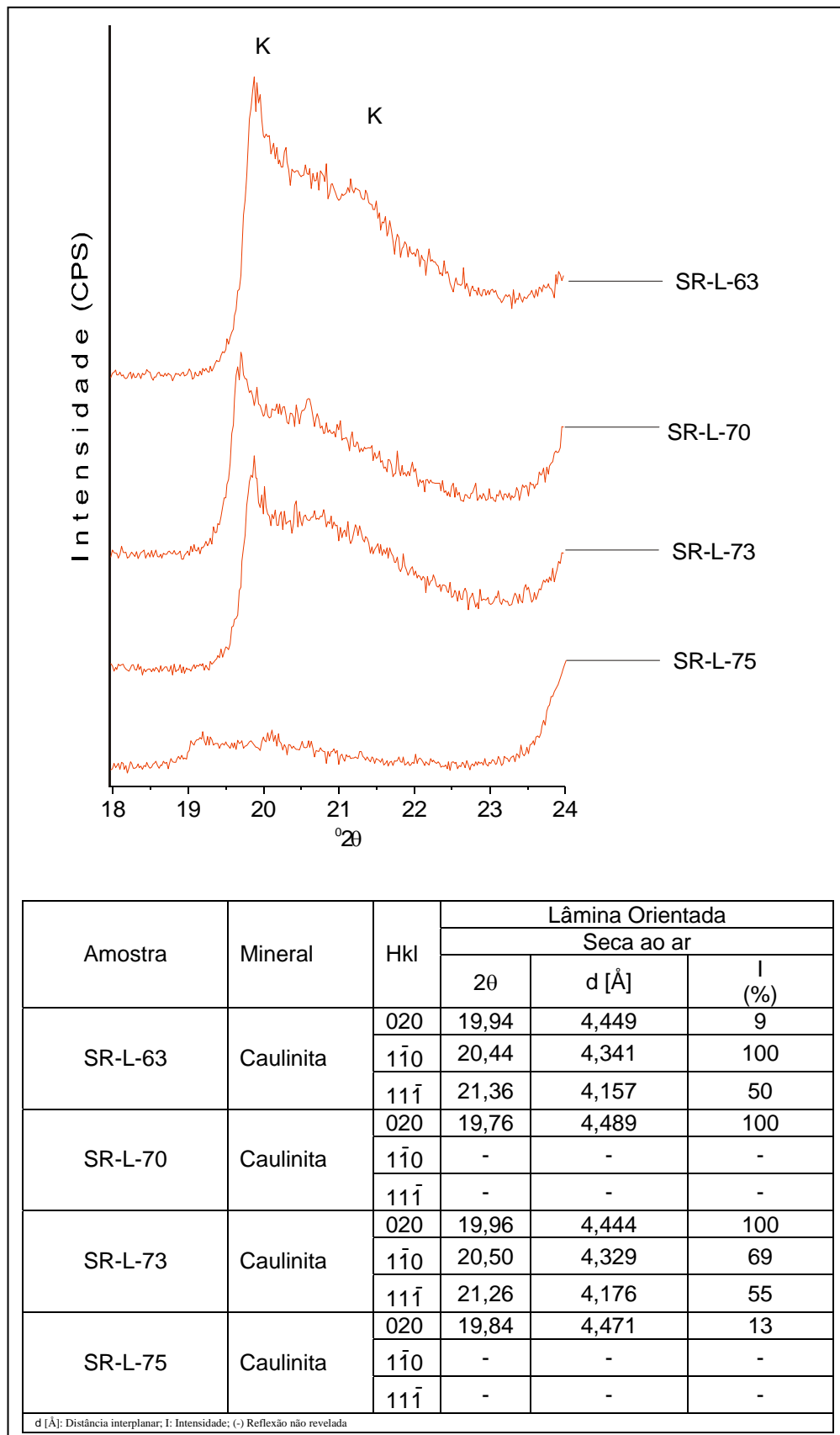


FIGURA 7.36 – Difractogramas das amostras da Formação Boa Vista mostrando o comportamento das reflexões da caulinita onde é determinado o índice de Hinckley. K – caulinita; Q – quartzo

TABELA 7.20 – Reflexões da illita nas amostras da Formação Boa Vista

Amostra	hkl (Illita)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-01	114	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25,21	3,530	31
SR-L-63	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-70	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-73	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-75	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-

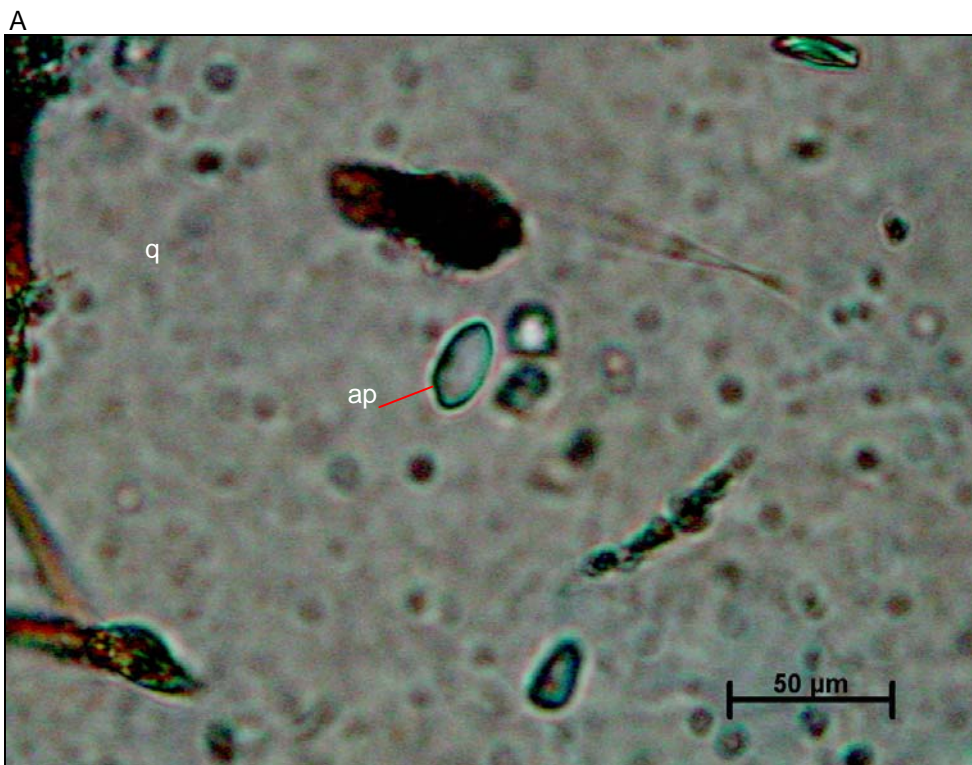
d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada

TABELA 7.21 – Reflexões do quartzo nas amostras da Formação Boa Vista

Amostra	hkl (Quartzo)	Amostra Total			Laminas Orientadas								
					Seca ao Ar			Glicolada			Aquecida		
		°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)	°2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-01	100	20,86	4,256	19	20,74	4,279	7	20,90	4,247	20	20,77	4,273	13
	101	26,62	3,346	100	26,53	3,357	20	26,66	3,341	64	26,55	3,355	100
SR-L-63	100	20,86	4,255	7	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,76	3,329	100	X	X	X	-	-	-	-	-	-
SR-L-70	100	20,96	4,236	20	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,72	3,333	100	26,41	3,373	8	-	-	-	-	-	-
SR-L-73	100	21,04	4,218	18	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,82	3,321	100	26,62	3,345	5	-	-	-	-	-	-
SR-L-75	100	20,97	4,233	15	X	X	X	-	-	-	-	-	-
	101	26,76	3,329	100	25,94	3,432	22	-	-	-	-	-	-

d [Å]: Distância Interplanar; I: Intensidade; X: Reflexão Ausente; (-): Análise não efetuada

AMOSTRA SR-L-01



AMOSTRA SR-L-01

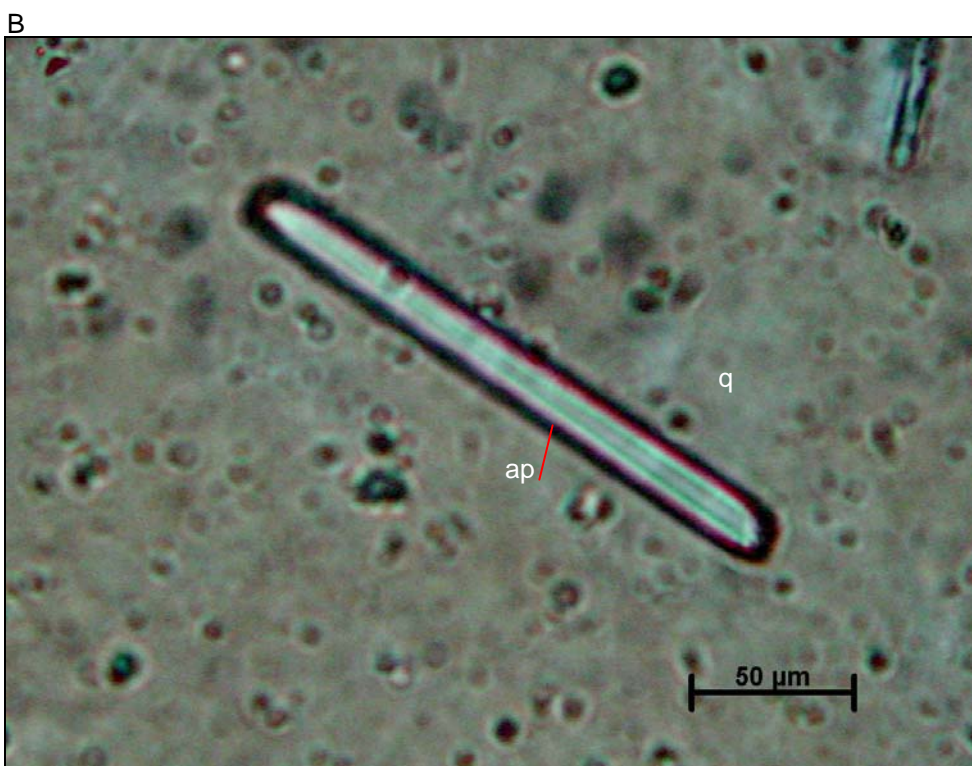
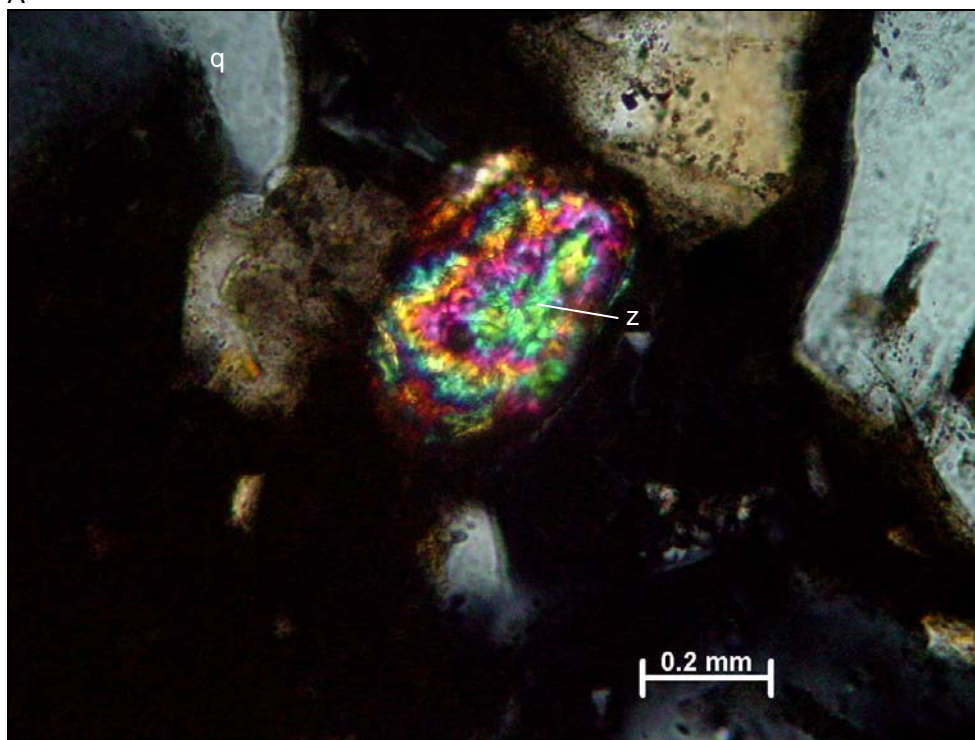


FIGURA 7.37 – Fotomicrografias da amostra SR-L-01 (Formação Boa Vista).
A e B – Cristal de quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) – nicóis x

AMOSTRA SR-L-63

A



AMOSTRA SR-L-63

B

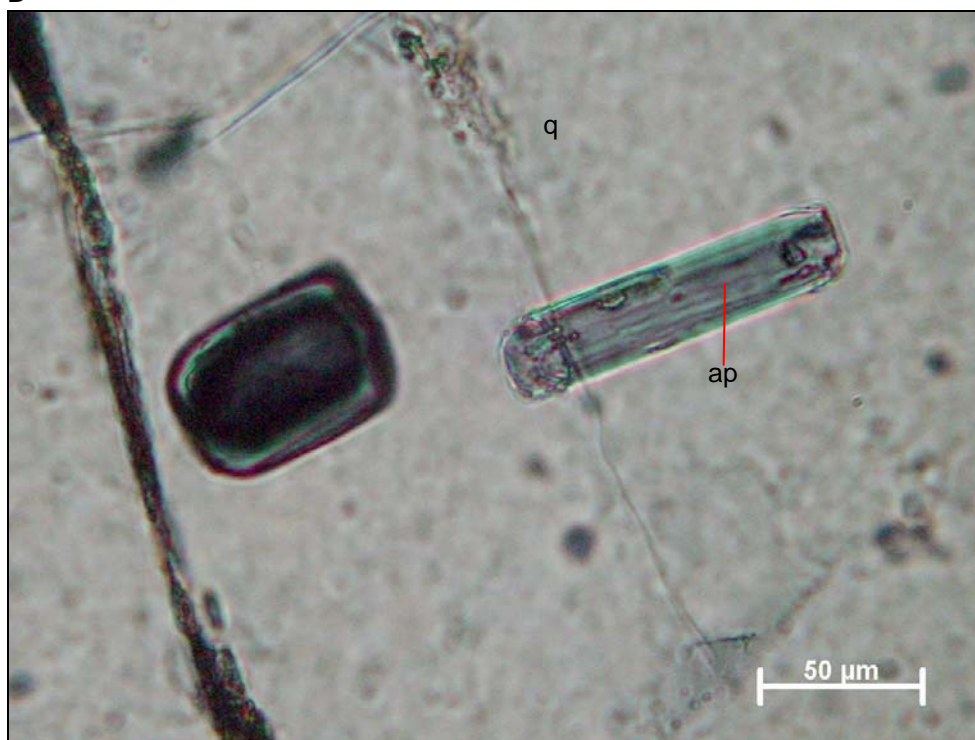
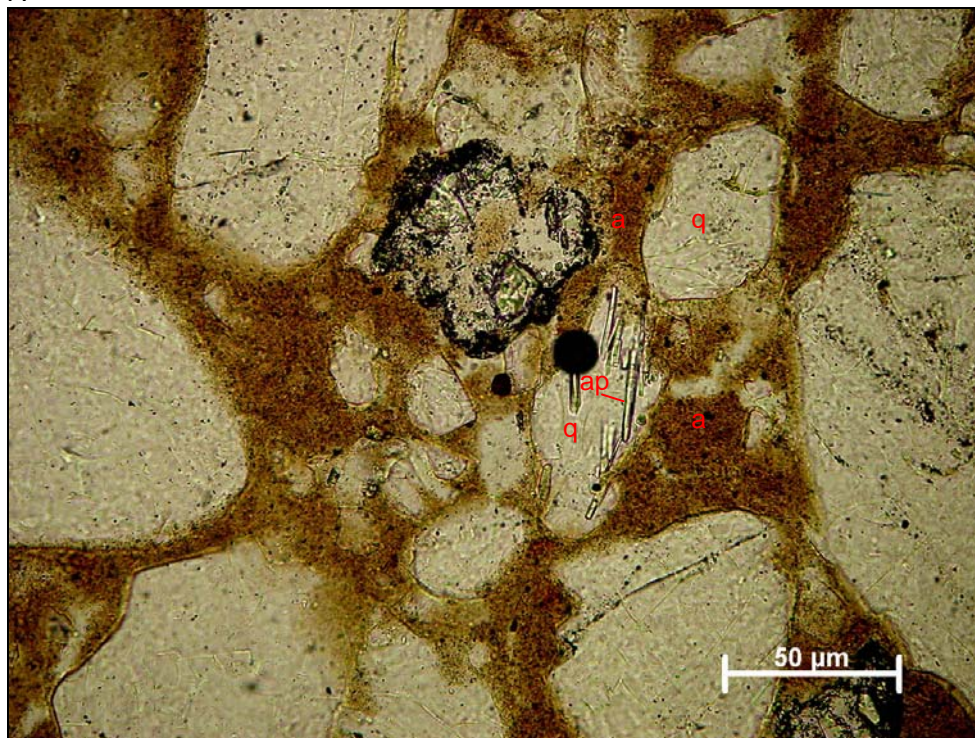


FIGURA 7.38 – Fotomicrografias da amostra SR-L-63 (Formação Boa Vista).
A – Zircão (z) e quartzo (q) – nicóis x
B – Cristal de quartzo (q) com inclusão de apatita (ap) – nicóis x

AMOSTRA SR-L-73

A



AMOSTRA SR-L-73

B

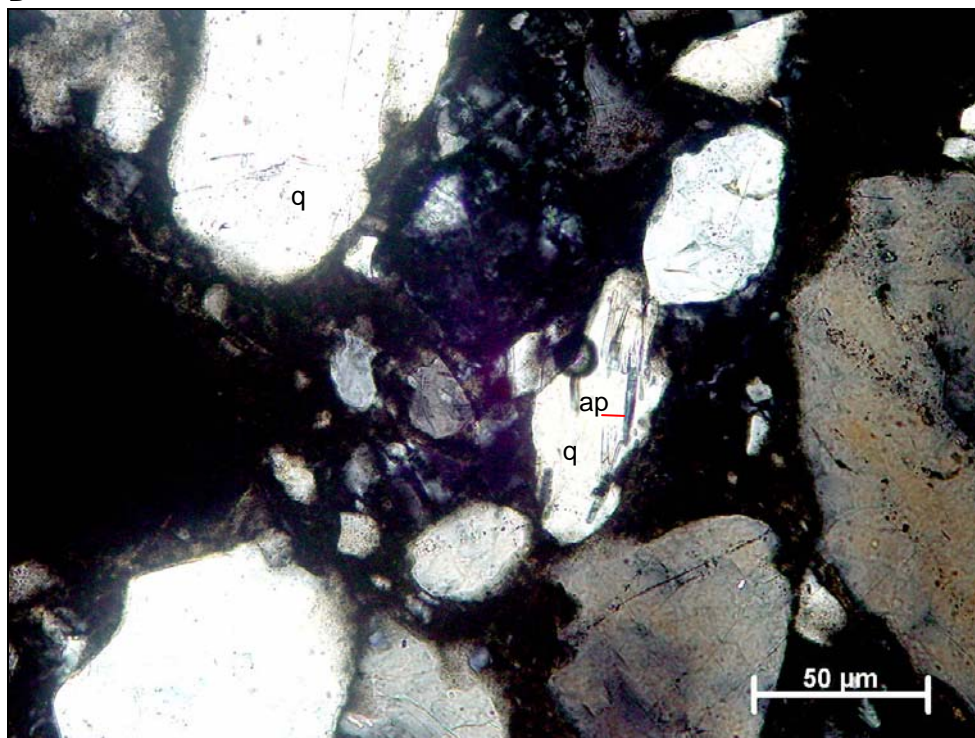
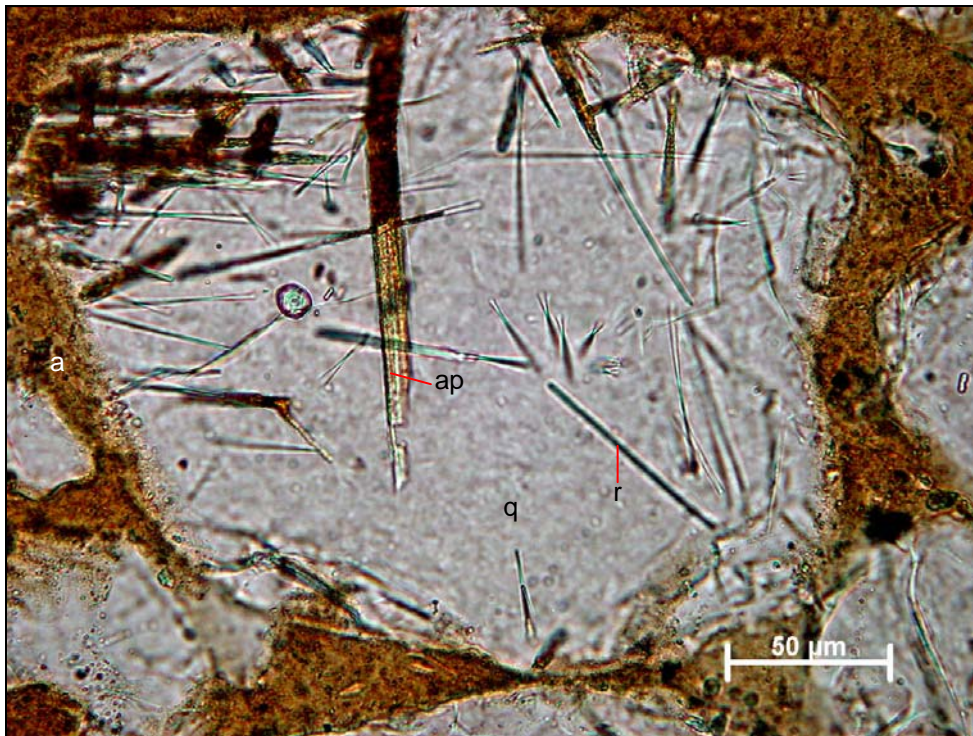


FIGURA 7.39 – Fotomicrografias da amostra SR-L-73 (Formação Boa Vista).
 A – Cristal de quartzo (q) – com inclusões de apatita (ap) envolto por argila (a) -
 nicóis //
 B – nicóis x

AMOSTRA SR-L-75

A



AMOSTRA SR-L-75

B

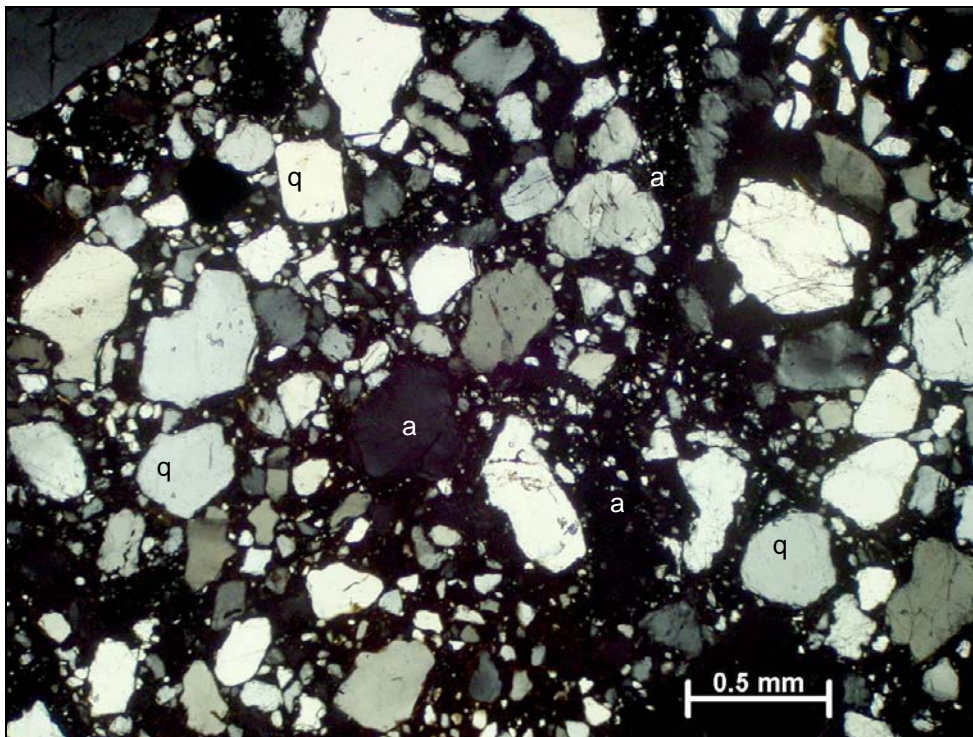
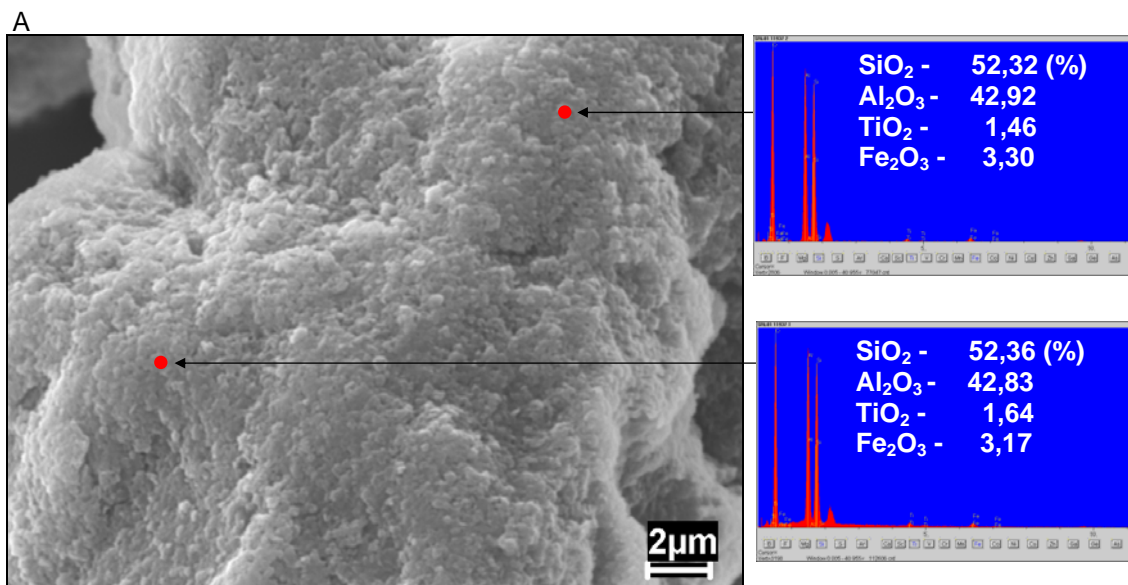


FIGURA 7.40 – Fotomicrografias da amostra SR-L-75 (Formação Boa Vista).
 A – Cristal de quartzo (q) com inclusões de apatita (ap) e de rutilo (r) envolto por argila (a) – nicóis//
 B – Gãos de quartzo (q) envoltos por argila (a) - nicóis x

AMOSTRA SR-L-01



AMOSTRA SR-L-01

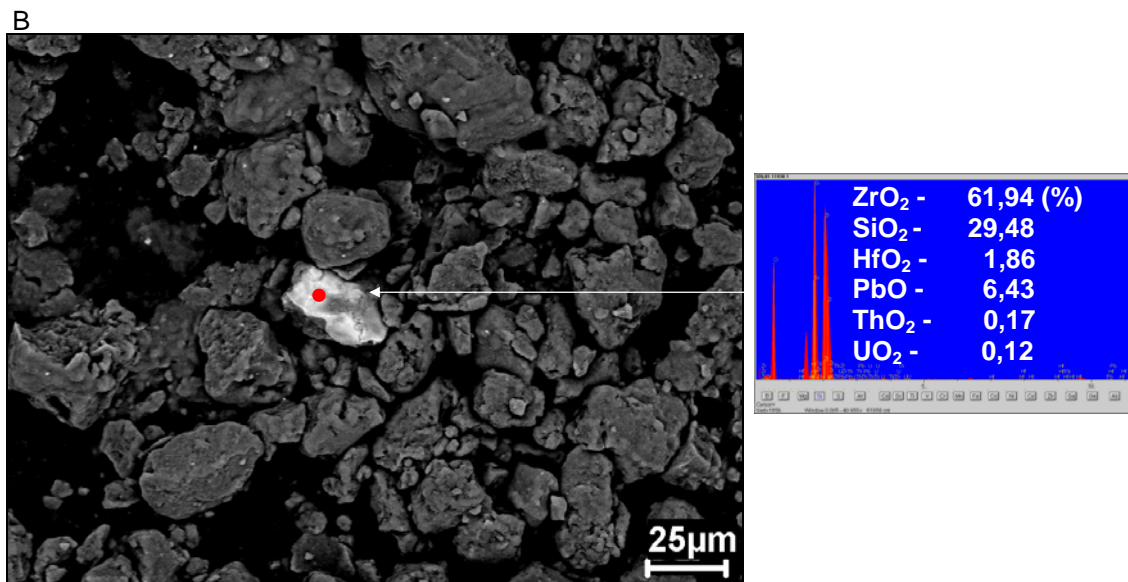


FIGURA 7.41 – Imagens de MEV da amostra SR-L-01 com seus respectivos EDS.

A – Imagem produzida por elétrons secundários indicando a presença de caulinita maciça e de granulação muito fina.

B – Imagem produzida por elétrons retroespalhados com indicação de um cristal de zircão

TABELA 7.22 – Minerais detectados nas grauvacas da Formação Boa Vista

Furo	Amostra	DRX			Petrografia/Lupa Binocular												MEV			
		Caulinita	Ilita	Quartzo	Apatita	Goethita	Muscovita	Rutilo	Sericita	Zircão	Quartzo	Turmalina	Ilmenita	Magnetita	Fragmento de Metachert	Fragmento de Crosta Ferruginosa	Caulinita	Ilmenita	Zircão	
F-01	SR-L-01	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X	X			X
F-63	SR-L-63	X		X	X	X				X		X	X				X			
F-70	SR-L-70	X		X	X	X		X				X	X				X			
F-73	SR-L-73	X		X	X	X						X	X		X	X	X	X		X
F-75	SR-L-75	X		X	X	X	X				X	X	X					X	X	X

TABELA 7.23 – Composição química (óxidos) das grauvascas da Formação Boa Vista

(%) Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	FeO	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Carbono Orgânico	Perda ao Fogo (P.F)	Total
SR-L-01	66,20	20,90	2,10	1,40	0,45	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	0,19	9,30	100,64
SR-L-63	71,50	16,60	2,10	1,90	0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,04	0,16	7,70	100,10
SR-L-70	76,70	14,30	1,10	1,00	0,15	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,23	6,80	100,28
SR-L-73	76,40	14,40	1,50	1,00	0,17	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,22	6,80	100,49
SR-L-75	64,40	21,40	3,10	1,40	0,11	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,17	9,80	100,38
Média	71,04	17,52	1,98	1,34	0,19	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,19	8,08	100,37

TABELA 7.24 – Composição química (elementos traços) das grauvascas da Formação Boa Vista

Elemento Amostra	1 a 50 ppm														< 1 ppm
	V	B	Cr	Zn	Sc	Ba	Cu	Pb	Y	Sn	Sr	As	Co	Ni	Mo
SR-L-01	38	21	16	7	8	3	1	1	1	1	1	1	1	1	<0,2
SR-L-63	24	11	9	3	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	<0,2
SR-L-70	15	4	9	3	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	<0,2
SR-L-73	23	10	12	3	3	5	3	1	1	1	1	1	1	1	<0,2
SR-L-75	48	23	21	10	10	3	10	4	3	1	1	1	1	2	<0,2
Média	30	14	13	5	5	3	3	2	1	1	1	1	1	1	<0,2
Média Crustal*	135	10	100	70	22	425	55	13	33	2	375	1,8	25	75	1,5

(*) Dados de MASON (1966)

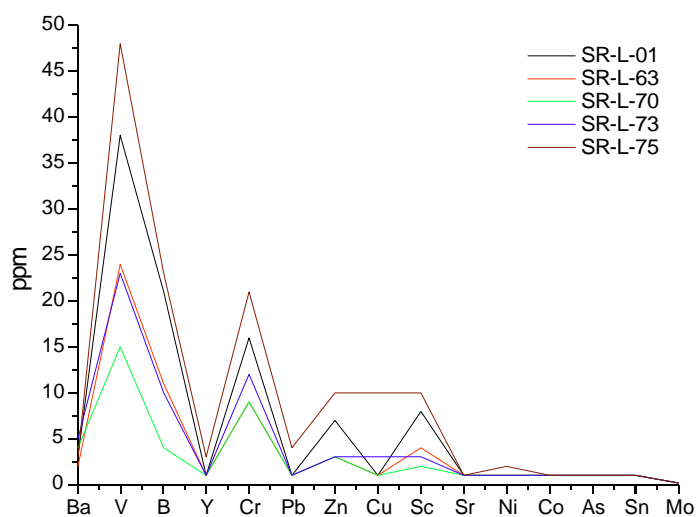


FIGURA 7.42 – Distribuição dos elementos traços na Formação Boa Vista

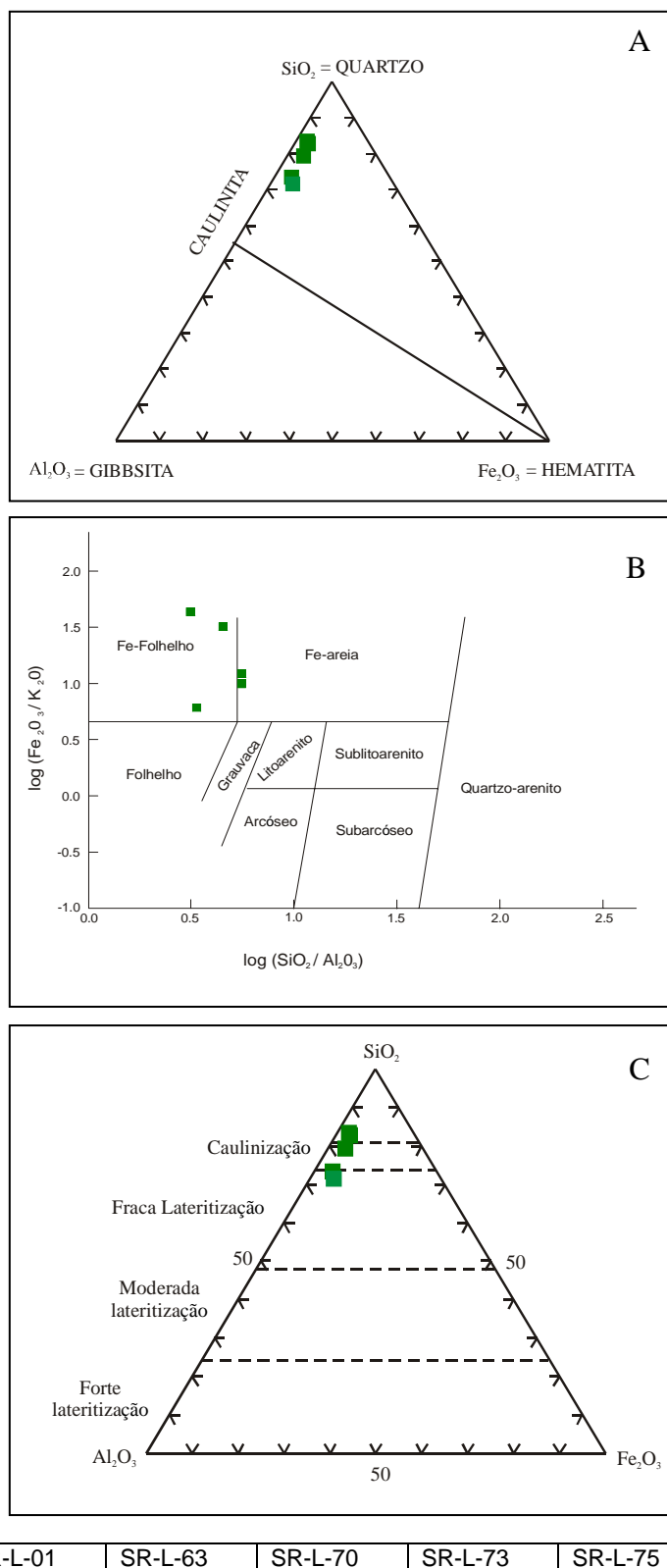


FIGURA 7.43 – (A) Grauvacas da Formação Boa Vista no campo das caulinitas no diagrama ternário de BOURMAN e OLLIER (2002)

(B) Caracterização litológica das rochas da Formação Boa Vista como Fe – folhelhos e Fe – areia, baseada na classificação do diagrama log (Fe₂O₃/K₂O) vs log (SiO₂/Al₂O₃) de HERRON (1988)

(C) Grauvacas intemperizadas da Formação Boa Vista com plot das amostras nos campos da “caulinização” e da “fraca lateritização” no diagrama SiO₂/Al₂O₃/Fe₂O₃ de SCHELLMANN (1983)

7.4 ARGILAS DERIVADAS DO COMPLEXO VULCÂNICO APOTERI

7.4.1 Caracterização Litológica

O perfil de sondagem do furo F-22 (**FIGURA 7.44**) mostra em sua seção basal um delgado nível de argila plástica creme, correspondendo ao saprólito (basalto alterado). Sobrepondo-se à esse horizonte, ocorre um pacote de argila plástica cinza escura, em parte variegada e apresentando-se associada com fragmentos de até 1,0 cm de diâmetro de crosta ferruginosa avermelhada. Os ensaios de campo mostram que essas argilas apresentam uma boa plasticidade.

7.4.2 Caracterização Granulométrica

Nos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri a fração areia (44,55%) é dominante sobre as frações argila (40,21%) e silte (15,24%), **TABELA 7.25**. O comportamento dessas frações está esboçado no diagrama ternário (**FIGURA 7.45**).

7.4.3 Caracterização Mineralógica

Pela DRX foram determinados na amostra SR-L-22 os minerais abaixo relacionados:

MONTMORILONITA - Essa esmectita dioctaédrica ficou caracterizada no plano 001 a partir de análise de amostra total sob forma de reflexão aberta e de intensidade máxima, distância interplanar de 15,560Å e ocorrendo em $5,68^\circ - 2\theta$ (**FIGURA 7.46A**). Em lâmina orientada seca ao ar a reflexão no plano 001 se repete, é larga, pronunciada e bem caracterizada, tem intensidade máxima, distância interplanar de 15,301Å e ocorre em $5,77^\circ - 2\theta$. Em lâmina orientada seca ao ar a montmorilonita caracteriza-se também no plano 004 sob forma de reflexão discreta e de intensidade baixa, distância interplanar de 3,757Å e ocorrendo em $23,66^\circ - 2\theta$. Quando glicolada, ocorre a expansão desse argilomineral e a reflexão se repete no plano 001 sob forma aberta, pronunciada, apresentando intensidade máxima e deslocamento para a esquerda, sendo que sua distância interplanar vai para 17,023Å e se dando em $5,19^\circ - 2\theta$. Observa-se que a reflexão da montmorilonita em lâmina glicolada é mais fechada que em lâmina seca ao ar. Com o aquecimento a estrutura dessa esmectita se contrai. Sua reflexão se repete no plano 001 mas desloca-se para a direita no difratograma, sendo que sua distância interplanar diminui para 9,475Å e ocorre em $9,33^\circ - 2\theta$, superpondo-se praticamente à reflexão da illita. Essa reflexão é aberta, tem intensidade máxima mas é menos pronunciada no difratograma que as das lâminas secas ao ar e glicolada (**FIGURA 7.46B**). A presença dessa esmectita dioctaédrica foi confirmada no plano 060, onde a montmorilonita se caracteriza sob forma de reflexão aberta, de intensidade máxima, bem pronunciada, distância interplanar de 1,498Å e ocorrendo em $61,90^\circ - 2\theta$ (**FIGURA 7.47**).

Essas características apresentadas na DRX estão de acordo com aquelas definidas por MOORE e REYNOLDS JR. (1997) para identificação precisa desse argilomineral.

CAULINITA - Esse mineral ficou caracterizado a partir da análise de lâmina orientada seca ao ar, cujo difratograma (**FIGURA 7.46A**) mostra as reflexões nos planos 001 e 002 de formas abertas, mal formadas, de baixas intensidades, com distâncias interplanares de 7,371Å e 3,560Å, respectivamente. Quando glicolada as reflexões nos planos 001 e 002 se repetem e apresentam no difratograma características muito similares as da lâmina seca ao ar. Quando a lâmina é aquecida a estrutura da caulinita é destruída (**FIGURA 7.46**).

ILLITA - Esse argilomineral só ficou caracterizado após o aquecimento. A illita apresenta no plano 002 reflexão aberta e intensidade máxima, distância interplanar de 9,475Å e ocorre em $9,33^\circ - 2\theta$, superpondo-se praticamente com a reflexão da montmorilonita. Nos planos 112 e 113 as reflexões são fechadas e bem formadas, porém suas intensidades são muito baixas, tem distâncias interplanares de 4,017Å e 3,658Å, respectivamente e ocorrem em $22,11^\circ$ e $24,31^\circ$ (2θ), respectivamente (**FIGURA 7.46**).

PLAGIOCLÁSIO - A labradorita é o plagioclásio detectado. Esse mineral ficou caracterizado a partir de análise da amostra total, estando presente no plano 040 sob forma de reflexão estreita, de baixa intensidade, distância interplanar de 3,193Å e ocorrendo em $27,92^\circ - 2\theta$. Em lâmina orientada seca ao ar a reflexão se repete, tem forma estreita e é melhor definida no difratograma que a amostra total. O plagioclásio também ficou caracterizado no plano 131. Em lâmina seca ao ar a reflexão nesse plano é estreita, bem formada, intensidade baixa, distância interplanar de 2,838Å e ocorrendo em $31,50^\circ - 2\theta$ (**FIGURA 7.46A**).

CALCITA - Esse carbonato só ficou caracterizado no plano 100 em amostra total. A reflexão é estreita e de baixa intensidade, distância interplanar de 3,032Å e ocorrendo em $29,44^\circ$ (2θ). Nos difratogramas observa-se que as reflexões são inexpressivas nas lâminas orientadas seca ao ar e glicolada, enquanto que em lâmina aquecida a reflexão desaparece em função da destruição de sua estrutura com o aquecimento (**FIGURA 7.46A**).

QUARTZO - Na análise da amostra total o quartzo se caracteriza nos planos 100 e 101, onde o difratograma mostra reflexões estreitas, bem formadas, com intensidades de 13% e de 100%, respectivamente, distâncias interplanares de 4,261Å e 3,346Å, respectivamente e ocorrendo em $20,83^\circ$ e $26,62^\circ - 2\theta$, respectivamente. Nas lâminas seca ao ar e glicolada essas mesmas reflexões ocorrem, porém mostram-se menos expressivas que em amostra total. Após o aquecimento essas reflexões ocorrem de formas bastante estreitas e com intensidades mais altas, destacando-se nos

difratogramas daquelas obtidas da amostra total e das lâminas seca ao ar e glicolada (**FIGURA 7.46A**).

Os minerais determinados na amostra SR-L-22 através dos estudos petrográficos, de lupa binocular e de MEV foram:

CARBONATO - A amostra SR-L-22 é rica em carbonato micrítico, conforme evidenciado nas fotomicrografias da **FIGURA 7.48**. Sob lupa binocular ocorre em forma de massa esbranquiçada e que reage bem ao HCl a 10%. Trata-se da calcita.

QUARTZO - Os cristais apresentam-se angulosos, subangulosos e subarredondados. A granulação varia de tamanho silte até areia grossa e, em parte, apresentam-se fraturados e com extinção ondulante. Seu aspecto pode ser visualizado nas fotomicrografias da **FIGURA 7.48**.

CALCEDÔNIA - Esse mineral que ocorre associado aos basaltos do Complexo Vulcânico Apoteri ficou constatado na amostra SR-L-22, conforme evidencia a fotomicrografia da **FIGURA 7.48B**.

RUTILO - Sob forma de agulhas, o rutilo ocorre como inclusões no quartzo (traços).

ILMENITA - É preta, tem brilho metálico, apresenta granulação fina e tem baixo percentual na amostra.

MAGNETITA - Ocorre como traços, é preta e apresenta granulação fina.

FRAGMENTO DE QUARTZO DE VEIO - Ocorre como traços, é creme e a granulação vai de tamanho areia média até grânulos.

FRAGMENTOS DE CROSTA FERRUGINOSA - Fragmentos de crosta hematítica/goethítica amarronzada perfazem 35% dos clastos na amostra. A granulação vai de tamanho areia média até grânulos.

Pela microscopia eletrônica de varredura usando-se as imagens obtidas em função dos elétrons secundários e com a associação das análises de EDS, foi possível caracterizar a montmorilonita da amostra SR-L-22 como sendo maciça e tendo textura crenulada, passível de uma origem autigênica (**FIGURA 7.49**). Os espectros das análises de EDS mostram um comportamento que se assemelham, em parte, às esmectitas autigênicas estudadas por WELTON (1984).

As análises de EDS mostram teores de SiO_2 entre 37,05% e 63,38% e de Al_2O_3 entre 17,86% e 28,12% que se afastam um pouco da composição estequiométrica da montmorilonita (43,77% e 18,57%, respectivamente). Isso ocorre, provavelmente, em função dos teores de H_2O que não foram considerados nas análises de EDS.

Na **TABELA 7.26** encontram-se listados os minerais que foram detectados nos sedimentos derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri.

7.4.4 Caracterização Química

Os sedimentos derivados dos basaltos do Complexo Vulcânico Apoterí se caracterizam quimicamente por apresentarem um predomínio de SiO_2 (55,20%) e Al_2O_3 (12,50%) seguidos de Fe_2O_3 (9,20%), CaO (2,50%), MnO (1,10%), MgO (0,97%) e TiO_2 (0,95%), onde o CaO (2,50%) > MgO (0,97%) > Na_2O (0,37%) > K_2O (0,12%) e onde o carbono orgânico total apresenta um conteúdo baixo (0,70%), **TABELA 7.27**.

Os elementos traços (**TABELA 7.28** e **FIGURA 7.50**) estão classificados em 4 faixas: >100 ppm (Ba, V e Co); entre 40 ppm e 100 ppm (B, Cr e Cu); entre 3 ppm e 40 ppm (Sr, Ni, Zn, Y e Sc); entre 1 ppm e 3 ppm (Pb, As e Sn) e <1 ppm (Mo). Dentre eles os que mais se destacam são Ba (574 ppm), Co (109 ppm) e B (77 ppm) que apresentam-se enriquecidos em relação à média crustal. Os teores de V (125 ppm), Cu (46 ppm) e Sc (17 ppm) estão bem próximos da média crustal, seguidos de Cr (57 ppm), Ni (33 ppm), Zn (29 ppm) e Y (18 ppm). Chumbo, As, Sn e Mo apresentam concentrações muito baixas. Quando se confronta os teores dos elementos traços dos sedimentos derivados dos basaltos (amostra SR-L-22) com aqueles do Complexo Vulcânico Apoteri propriamente ditos (**TABELA 7.9**), observa-se um enriquecimento de Ba e Co e empobrecimento de Sr, Y, V, Cu, Pb, Zn, Cr e Ni nos primeiros. Bário com média de 574 ppm encontra-se no patamar entre a média mundial das rochas máficas e intermediárias, enquanto que o B com média de 77 ppm encontra-se entre as médias mundiais dos arenitos e folhelhos de KRAUSKOPF (1967). Bário deve estar hospedado na estrutura dos feldspatos e B que é comum também em rochas basálticas (RANKAMA e SAHAMA, 1968), deve estar associado à estrutura dos anfibólios dos basaltos do Complexo Vulcânico Apoteri.

Baseando-se na classificação de arenitos e folhelhos terrígenos através do diagrama $\log (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\log (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de HERRON (1988), os sedimentos derivados dos basaltos do Complexo Vulcânico Apoteri são classificados como Fe-Folhelhos (**FIGURA 7.51A**).

No diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SCHELLMANN (1983), a amostra SR-L-22 caracteriza-se pelo plot no campo da “fraca lateritização” (**FIGURA 7.51B**).

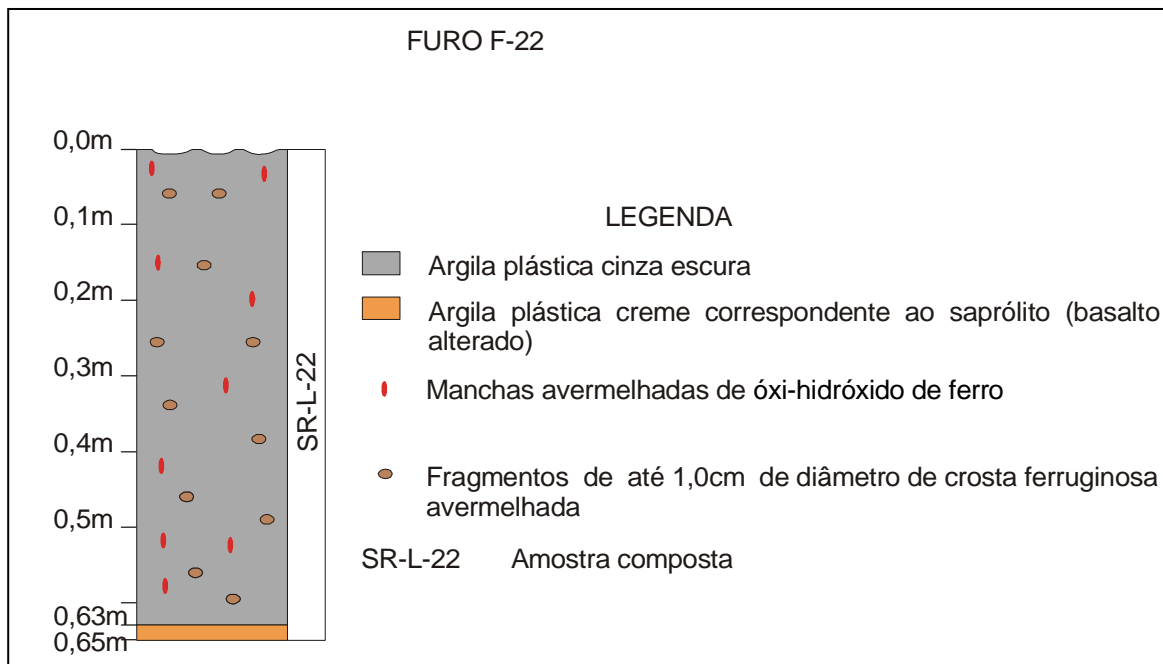


FIGURA 7.44 – Perfil litológico do Furo F-22 (argila derivada do Complexo Vulcânico Apoteri)

TABELA 7.25 – Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri

Amostra	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
SR-L-22	40,21	15,24	44,55

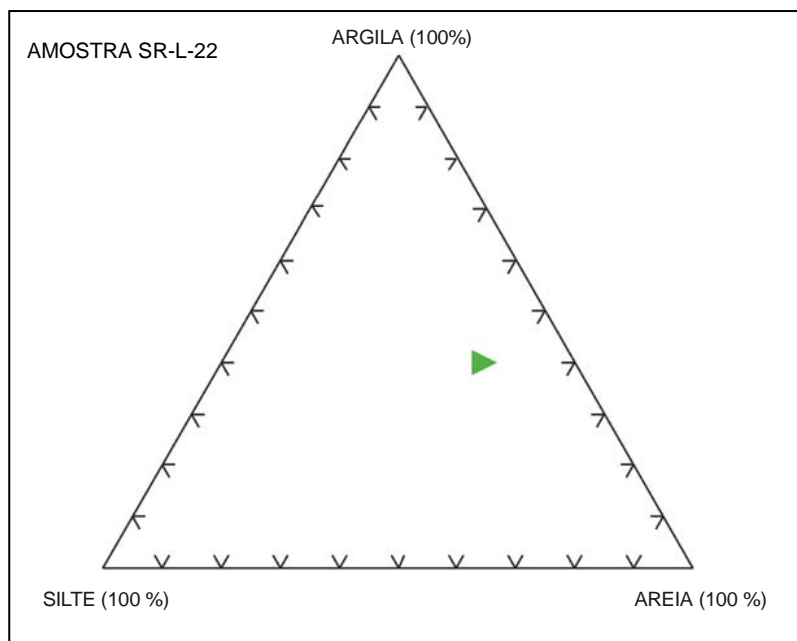
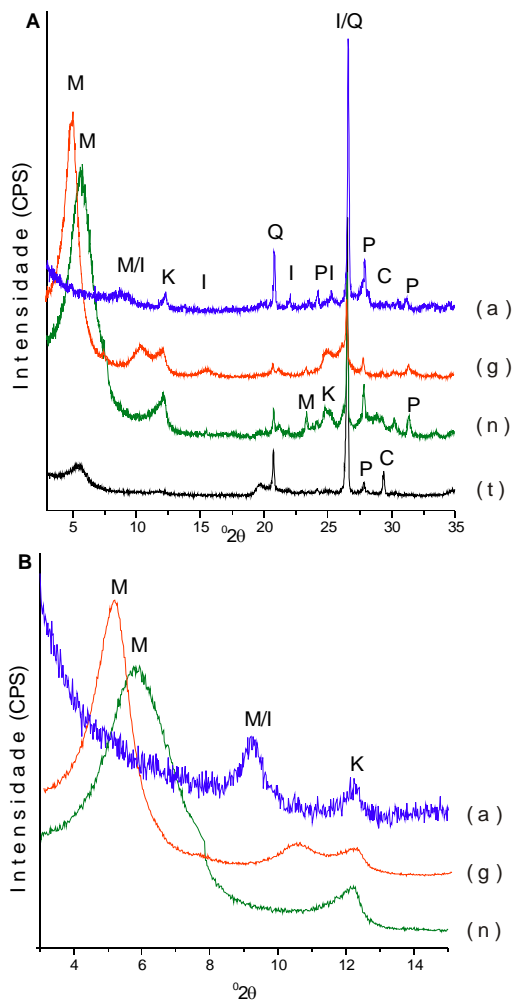


FIGURA 7.45 – Diagrama ternário argila/silte/areia referente aos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri (Furo F-22)

AMOSTRA SR-L-22



Amostra	2θ	Mineral	hkl	Amostra Total (t)			Lâminas Orientadas								
				2θ	d [Å]	I (%)	Seca ao ar (n)			Glicolada (g)			Aquecida (a)		
							2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)
SR - L - 22	Corrida Lenta (3° - 14°)	M	001	-	-	-	6,12	14,437	100	5,19	17,023	100	9,33	9,475	100
		I	002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,33	9,475	100
		K	001	-	-	-	12,11	7,306	18	12,11	7,305	10	-	-	-
	Corrida Normal (3° - 35°)	M	001	5,68	15,560	3	5,77	15,301	100	5,19	17,022	100	-	-	-
			004	-	-	-	23,66	3,757	4	-	-	-	-	-	-
		I	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,11	4,017	5
			113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,31	3,658	5
		K	001	-	-	-	12,00	7,371	13	12,11	7,305	100	-	-	-
			002	-	-	-	25,00	3,560	9	25,21	3,530	12	-	-	-
		P	040	27,92	3,193	4	28,37	3,144	10	27,80	3,206	4	27,98	3,186	17
			131	-	-	-	31,50	2,838	3	-	-	-	31,27	2,858	4
		C	100	29,44	3,032	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100	20,83	4,261	13	20,94	4,239	5	21,00	4,228	3	20,90	4,246	21
		Q	101	26,62	3,346	100	26,53	3,357	20	26,43	3,370	20	26,68	3,339	100

d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão ausente

FIGURA 7.46 – Difratomogramas da amostra SR-L-22 (Complexo Vulcânico Apoteri). (t) – Amostra total; (n) – Lâmina orientada seca ao ar; (g) – Lâmina orientada glicolada; (a) – Lâmina orientada aquecida. M – montmorilonita; I – illita; K – caulinita; P – plagioclásio; C – calcita e Q – quartzo

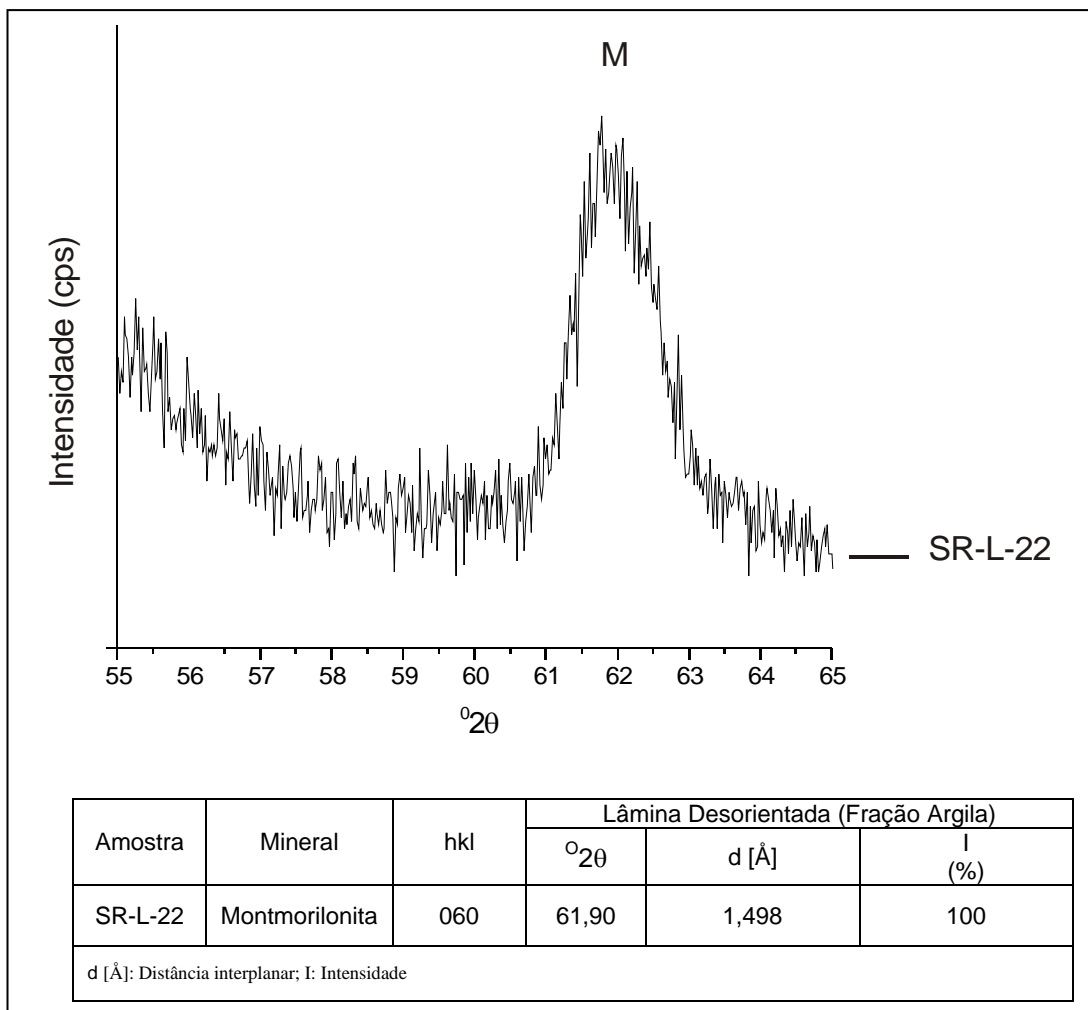
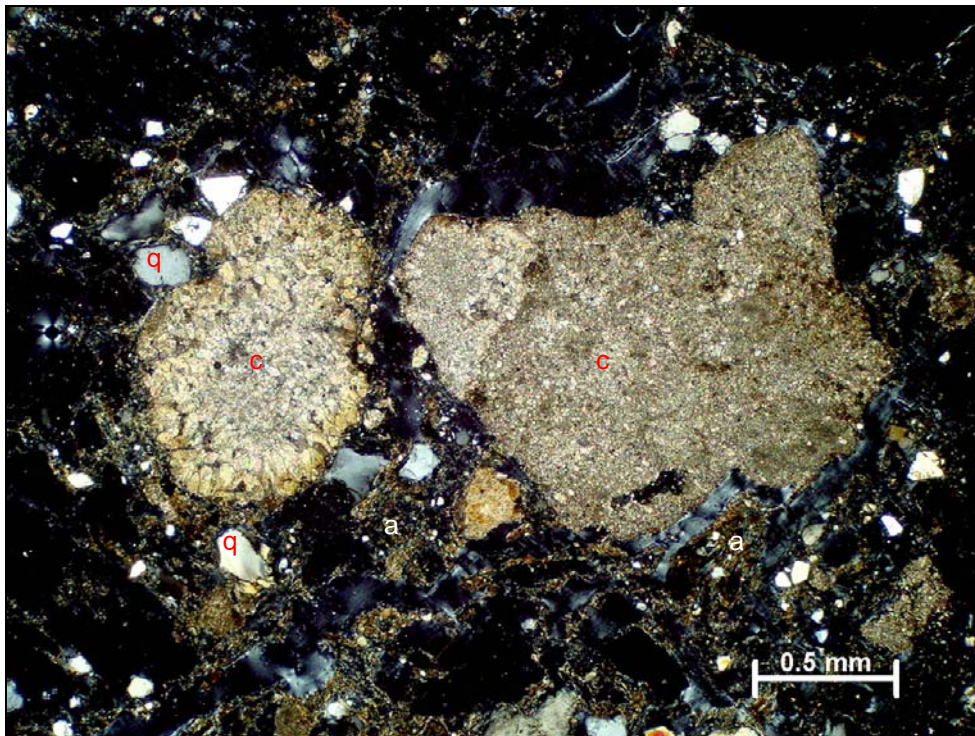


FIGURA 7.47 – Difratoograma da amostra SR-L-22 (argila derivada do Complexo Vulcânico Apoteri) para verificação da reflexão da montmorilonita (M) no plano 060

AMOSTRA SR-L-22

A



AMOSTRA SR-L-22

B

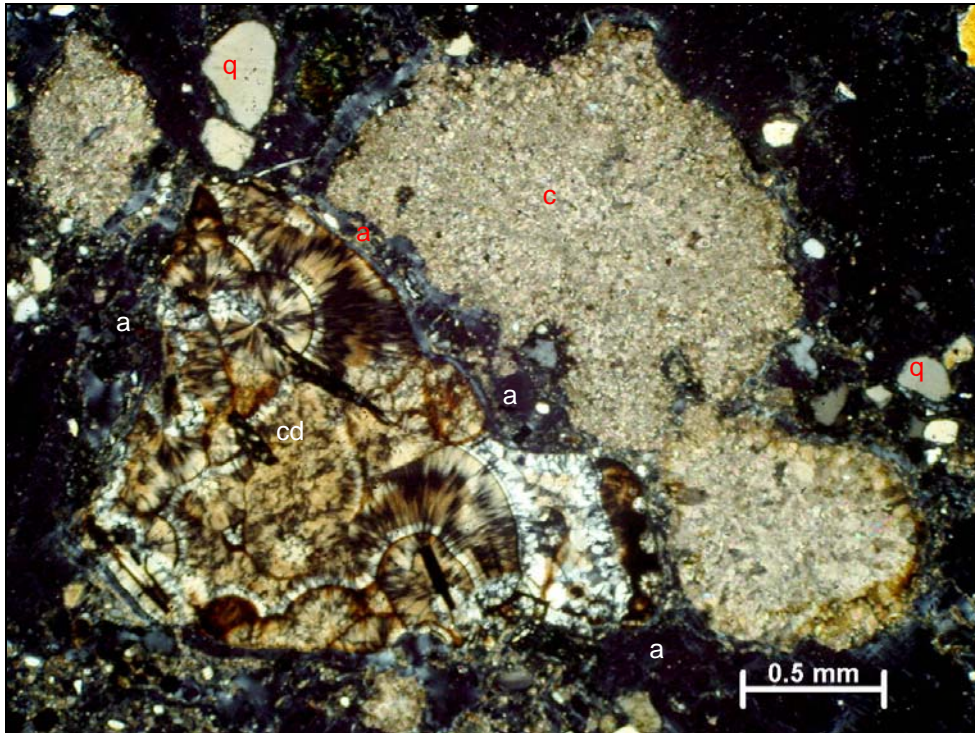


FIGURA 7.48 – Fotomicrografias da amostra SR-L-22 (Complexo Vulcânico Apoteri).

A – Carbonato micrítico (c) e grãos de quartzo (q) envolvidos por argila (a) – nicóis x

B – Calcidônia (cd) - Carbonato micrítico (c) e grãos de quartzo (q) envolvidos por argila (a) – nicóis x

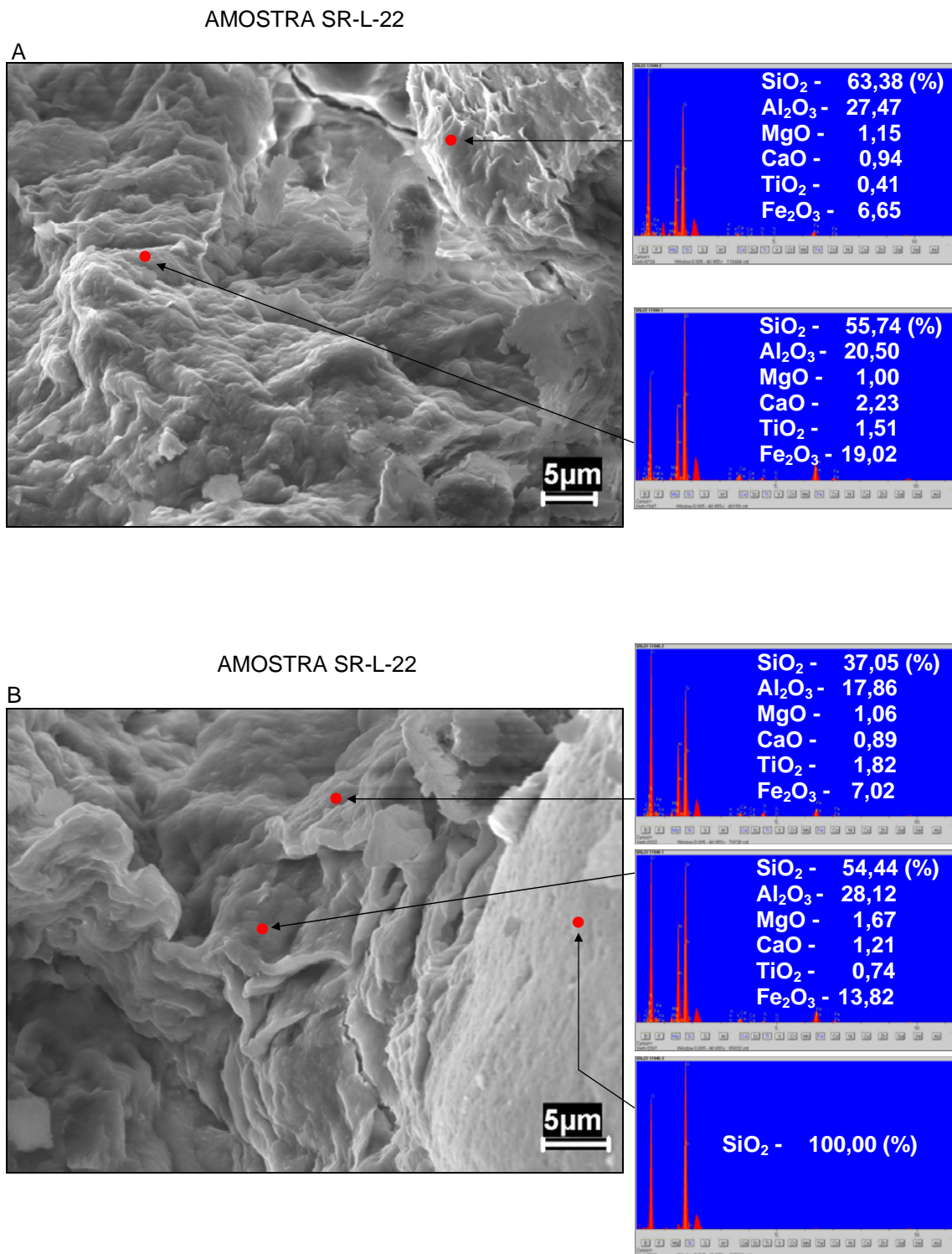


FIGURA 7.49 – Imagens de MEV da amostra SR-L-22 com os seus respectivos EDS, onde as esmectitas apresentam texturas crenuladas

TABELA 7.26 – Minerais detectados nos sedimentos derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri

Furo	Amostra	DRX						Petrografia/Lupa Binocular							MEV	
F-22	SR-L-22	Montmorilonita	Illita	Caulinita	Labradorita	Calcita	Quartzo	Carbonato	Quartzo	Calcedônia	Rutilo	Ilmenita	Magnetita	Fragmento de Quartzo de Veio	Fragmento de Crosta Ferruginosa	Montmorilonita

TABELA 7.27 – Composição química (óxidos) dos sedimentos derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri

Composição (%)	Amostra	SR-L-22
	SiO ₂	55,20
	Al ₂ O ₃	12,50
	Fe ₂ O ₃	9,20
	CaO	2,50
	MnO	1,10
	MgO	0,97
	TiO ₂	0,95
	Na ₂ O	0,37
	K ₂ O	0,12
	FeO	<0,10
	P ₂ O ₅	0,02
	Carbono Orgânico	0,70
	Perda ao Fogo (P.F.)	17,00
	Total	100,63

TABELA 7.28 – Composição química (elementos traços) dos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri

Furo	Amostra	> 100 ppm			40 ppm a 80 ppm			3 ppm a 40 ppm					1 a 3 ppm			< 1 ppm
		Ba	V	Co	B	Cr	Cu	Sr	Ni	Zn	Y	Sc	Pb	As	Sn	Mo
F-22	SR-L-22	574	125	109	77	57	46	40	33	29	18	17	3	1	1	< 0,2
	Média Crustal ^(*)	425	135	25	10	100	55	375	75	70	33	22	13	1,8	2	1,5

Obs.: ^(*) Dados de MASON (1966)

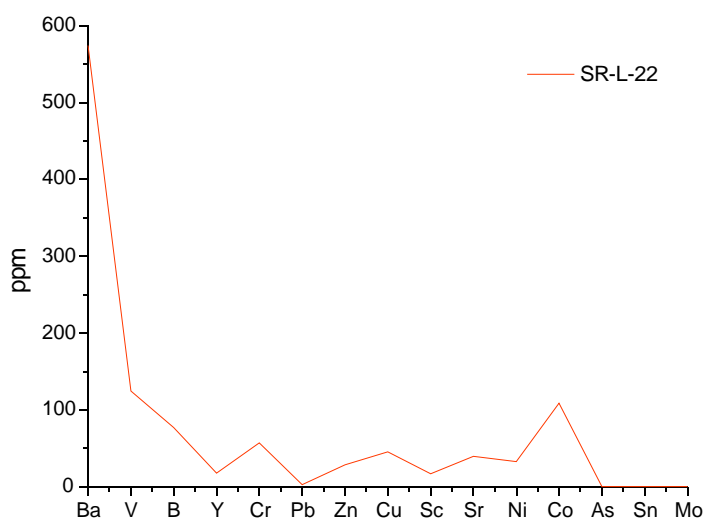


FIGURA 7.50 – Elementos traços dos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri

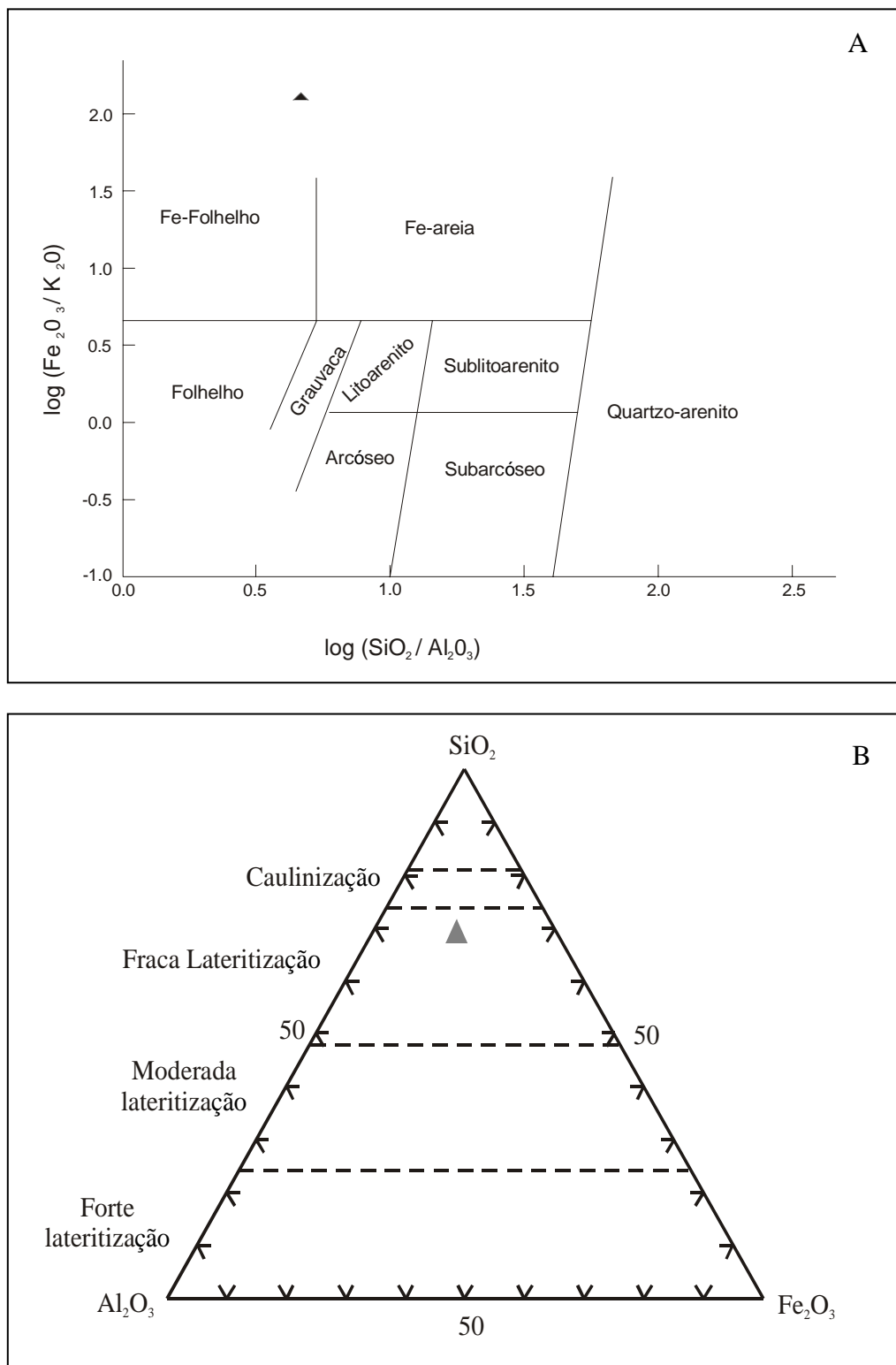


FIGURA 7.51 (A) – Caracterização litológica dos sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri em Fe – folhelhos, baseada na classificação de arenitos e folhelhos terrígenos através do diagrama $\log (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\log (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de HERRON (1988)
 (B) – Sedimentos derivados do Complexo Vulcânico Apoteri com plot no campo da “fraca lateritização” no diagrama ternário $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SCHELLMANN (1983)

7.5 ARGILAS DA ALUVIÃO DO RIO QUITAUAU

7.5.1 Caracterização Litológica

O perfil de sondagem do furo F-25 efetuado na aluvião do rio Quitauau, indica a existência em sua seção inferior/mediana de um pacote de argila plástica cinza, a qual apresenta-se com manchamentos de óxi-hidróxido de ferro (variegada). Sobrepondo-se à esse horizonte e indo até a superfície, ocorre argila plástica creme acinzentada (**FIGURA 7.52**). Os ensaios de campo indicam que as argilas dessa região tem boa plasticidade.

7.5.2 Caracterização Granulométrica

Na aluvião estudada a fração argila (56,98%) predomina sobre as frações siltica (26,78%) e arenosa (16,24%), (**TABELA 7.29 e FIGURA 7.53**).

7.5.3 Caracterização Mineralógica

Através da DRX foram identificados os minerais abaixo:

CAULINITA - A presença desse argilomineral ficou caracterizada nos planos 001, 020 e 002 a partir de análise de amostra total, onde as reflexões são relativamente abertas, apresentam intensidades baixas, distâncias interplanares de 7,228Å, 4,477Å e 3,535Å, respectivamente e ocorrem em $^{\circ}2\theta$ de 12,24 $^{\circ}$, 19,81 $^{\circ}$ e 24,75 $^{\circ}$, respectivamente. Em lâmina orientada seca ao ar a caulinita caracteriza-se apenas nos planos 001 e 002 sob forma de reflexões bem mais estreitas e de maiores intensidades que aquelas da amostra total (**FIGURA 7.54**).

Não foi possível se determinar o índice de Hinckley na amostra estudada, haja vista que o difratograma não mostra as reflexões características nos planos $1\bar{1}0$ (20,4 $^{\circ}$ - $^{\circ}2\theta$) e $11\bar{1}$ (21,3 $^{\circ}$ - $^{\circ}2\theta$). O padrão apresentado no difratograma indica que as caulinitas da área estudada são mal cristalizadas ou desordenadas (**FIGURA 7.55**).

QUARTZO - Esse tectossilicato ficou constatado na análise de amostra total, o qual caracteriza-se nos planos 100 e 101 sob forma de reflexões estreitas, bem formadas, distâncias interplanares de 4,275Å e 3,356Å, respectivamente, com intensidades de 24% e 100%, respectivamente e ocorrendo em $^{\circ}2\theta$ de 20,76 $^{\circ}$ e 26,54 $^{\circ}$, respectivamente (**FIGURA 7.54**).

Os minerais determinados pelos estudos petrográficos, lupa binocular e MEV foram:

QUARTZO - Os cristais são hialinos, angulosos, subangulosos e subarredondados, a granulação varia de tamanho areia fina à média, em parte apresentam-se fraturados e com extinção ondulante (**FIGURA 7.56**).

ZIRCÃO - É subarredondado, tem granulação fina e ocorre como traços.

MUSCOVITA - As lamelas tem hábito tabular, a birrefringência é alta e ocorre como traços.

APATITA - Ocorre sob forma de bastões como inclusões no grãos de quartzo.

ILMENITA - É preta, placóide e tem granulação fina. Na análise de MEV esse mineral apresenta brilho intenso e granulação em torno de 25µm de diâmetro (**FIGURA 7.57B**).

FRAGMENTO DE CROSTA FERRUGINOSA - Fragmentos de resto de crosta sílico-ferruginosa avermelhada perfazem 10% dos clastos na amostra e a granulação varia entre tamanho areia média e grossa.

CAULINITA - As análises de MEV mostram que as caulinitas da Aluvião do rio Quitauaú tem textura maciça e granulação muito fina (< 1µm), o que sugere uma origem detrítica (**FIGURA 7.57A**). Os espectros das análises de EDS se assemelham aos das caulinitas estudadas por WELTON (1984).

Os minerais identificados nos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauaú são vistos na **TABELA 7.30**.

7.5.4 Caracterização Química

Os sedimentos da Aluvião do rio Quitauaú se caracterizam quimicamente por apresentarem um predomínio de SiO₂ (55,60%) e Al₂O₃ (24,40%), seguidos de Fe₂O₃ (4,90%), TiO₂ (1,50%) e K₂O (1,10%), onde o K₂O (1,10%)>MgO (0,20%)>Na₂O (0,15%)>CaO (<0,05%) e onde o carbono orgânico total é baixo (0,22%), **TABELA 7.31**.

Os elementos traços estão classificados em 4 faixas: 20 ppm a 100 ppm (Ba, V e B); 10 ppm a 20 ppm (Zn, Cu, Pb e Y); 1 ppm a 10 ppm (Sc, Cu, Sr, Co, As, Ni e Sn) e <1 ppm (Mo), **TABELA 7.32 e FIGURA 7.58**. Os elementos que mais se destacam são B (40 ppm), As (2 ppm) e Pb (12 ppm), onde os dois primeiros apresentam um discreto enriquecimento em relação à média crustal e o último tem correspondência com a mesma e são seguidos pelo Ba (83 ppm), V (48 ppm), Zn (17 ppm), Cr (16 ppm), Y (11 ppm), Sc (9 ppm) e Cu (6 ppm). Estrôncio, Co, Ni e Sn apresentam concentração muito baixa, enquanto que Mo tem concentração abaixo do limite de detecção.

O mapa geológico indica que a aluvião do rio Quitauaú, no trecho estudado, corresponde ao dismantelamento dos litotipos da Suite Metamórfica Rio Urubu. No entanto, apenas Y (11 ppm) se aproxima dos hiperstênios gnaisses (15 ppm) e Zn (17 ppm) mostra correspondência com os leucognaisses (18 ppm) dessa unidade geológica, conforme vistos na **TABELA 7.9**.

Os valores de Y (11 ppm), As (2 ppm), Cr (16 ppm), Co (3 ppm) e Ni (2 ppm) mostram uma aproximação com a média mundial das rochas graníticas (13 ppm, 1,8 ppm, 22 ppm, 2,4 ppm e 2,0 ppm, respectivamente), conforme dados de MASON (1966).

Os elementos maiores dão uma indicação do argilomineral que predomina na área estudada. Assim é que, através do diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de BOURMAN e OLLIER (2002), **FIGURA 7.59A**, a amostra SR-L-25 plota no campo das caulinitas. O predomínio desse argilomineral é corroborado pelas análises de DRX e MEV.

Os sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauaú são caracterizados como Fe-Folhelhos em função da classificação de arenitos e folhelhos terrígenos quando se emprega o diagrama $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de HERRON (1988), **FIGURA 7.59B**.

O manchamento caracterizado por óxi-hidróxido de ferro nos sedimentos estudados é corroborado pelo plot da amostra SR-L-25 no campo da “fraca lateritização”, conforme observado no diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SCHELLMANN (1983), **FIGURA 7.59C**.

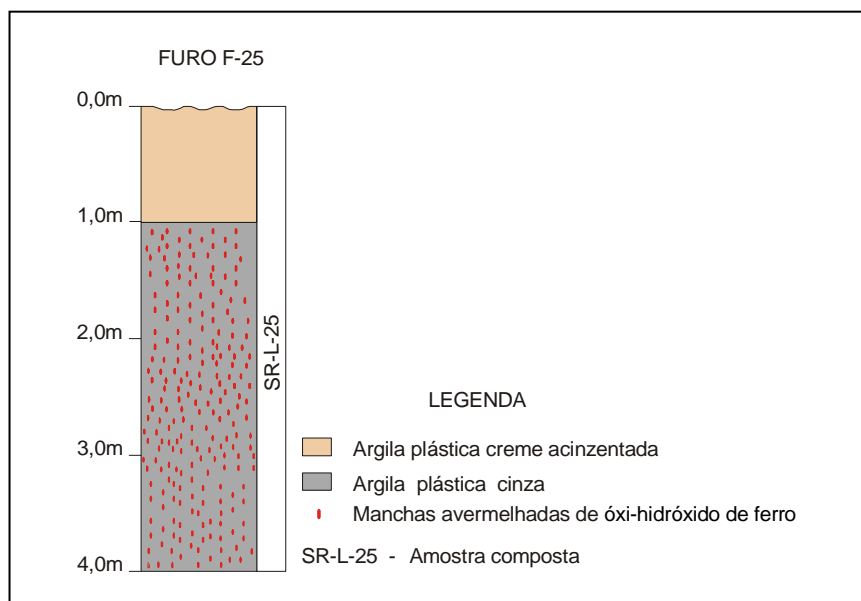


FIGURA 7.52 – Perfil litológico do Furo F-25 (Aluvião do Rio Quitauaú)

TABELA 7.29 – Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauaú

Amostra	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
SR-L-25	56,98	26,78	16,24

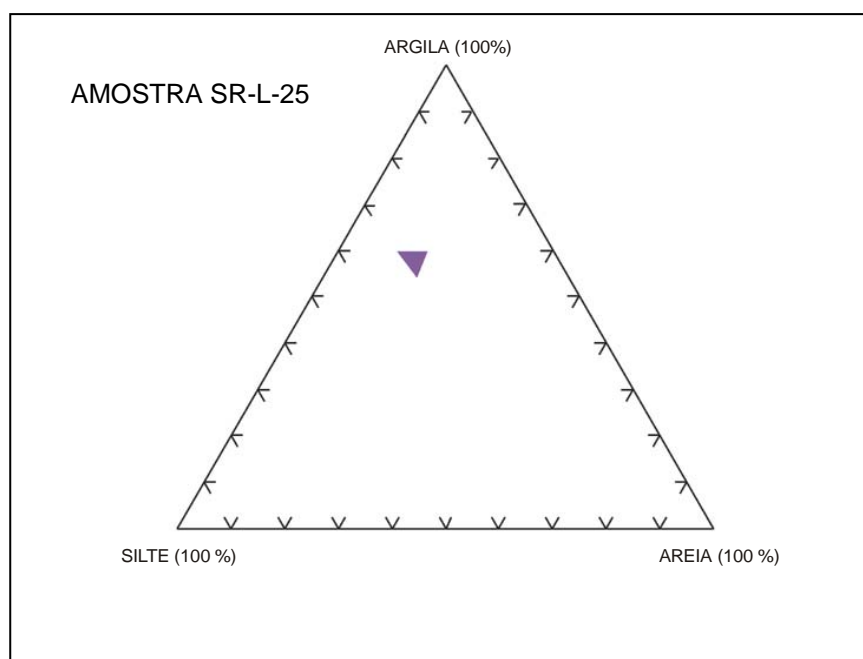
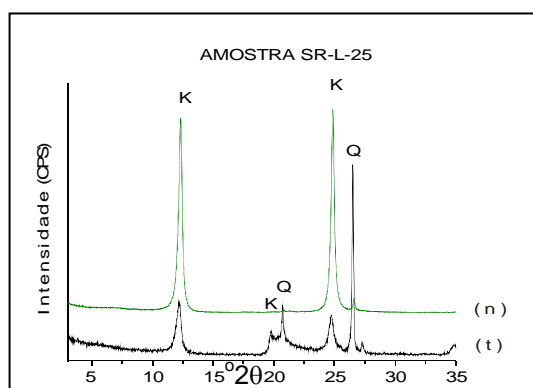


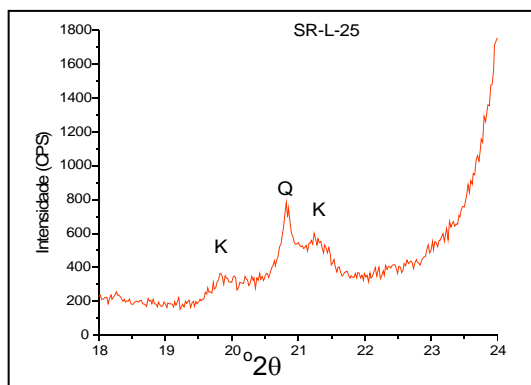
FIGURA 7.53 – Diagrama ternário argila/silte/areia dos sedimentos da aluvião do rio Quitauaú



Amostra	Mineral	hkl	Amostra Total (t)			Lâmina Orientada Seca ao ar (n)		
			2θ	d [Å]	I (%)	2θ	d [Å]	I (%)
SR - L - 25	Caulinita	001	12,24	7,228	21	12,29	7,197	100
		020	19,81	4,477	8	-	-	-
		002	24,75	3,535	15	24,83	3,582	100
	Quartzo	100	20,76	4,275	19	-	-	-
		101	26,54	3,356	100	-	-	-

d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão ausente

FIGURA 7.54 – Difratomogramas da amostra SR-L-25 (Aluvião do Rio Quitauaú).
(t) – Amostra total; (n) – Lamina orientada seca ao ar.
K – caulinita; Q – quartzo



Amostra	Mineral	hkl	Lâmina Orientada Seca ao ar		
			2θ	d [Å]	I (%)
SR-L-25	Caulinita	020	19,98	4,440	9
		110	-	-	-
		111	21,12	4,204	28

d [Å]: Distância interplanar; I: Intensidade; (-): Reflexão ausente

FIGURA 7.55 – Difratomograma da amostra SR-L-25 (aluvião do rio Quitauaú), mostrando o comportamento da caulinita na faixa onde é determinado o índice de Hinckley. K – caulinita; Q – quartzo

AMOSTRA SR-L-25

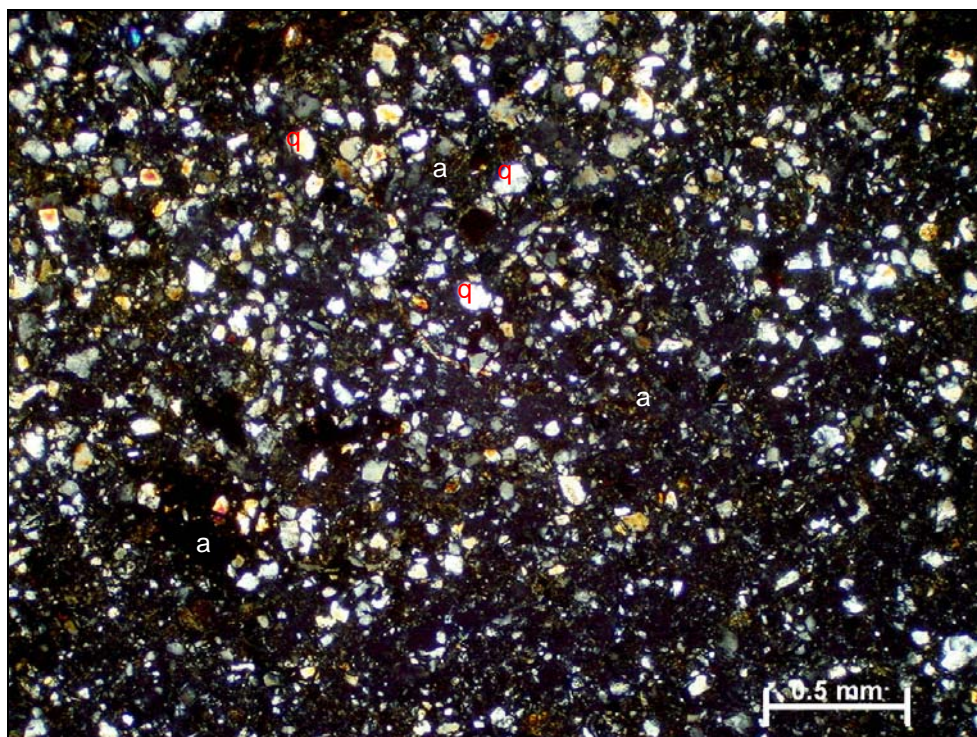


FIGURA 7.56 – Fotomicrografia da amostra SR-L-25 (aluvião do rio Quitauaú). Grãos de quartzo (q) envoltos por argila (a) – nicóis x

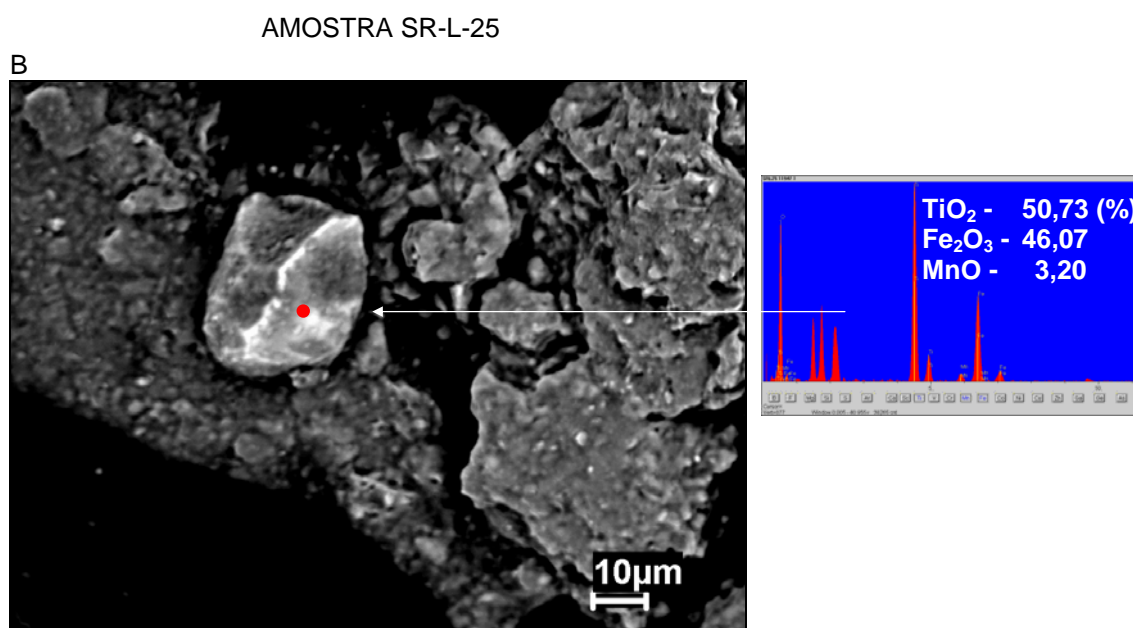
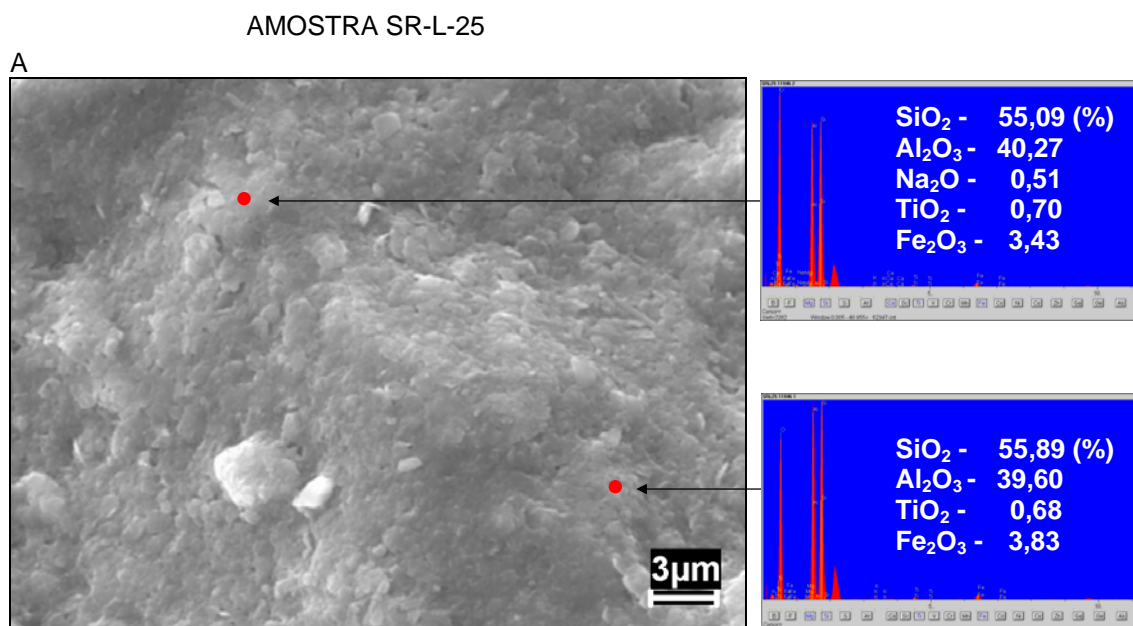


FIGURA 7.57 – Imagens de MEV da amostra SR-L-25 com seus respectivos EDS.
 A – Caulinita Maciça e de granulação muito fina
 B – Ilmenita

TABELA 7.30 – Minerais detectados nos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauá

Furo	Amostra	DRX		Petrografia/Lupa Binocular						MEV	
F-25	SR-L-25	Caulinita	Quartzo	Muscovita	Apatita	Quartzo	Ilmenita	Zircão	Fragmento de Crosta Ferruginosa	Caulinita	Ilmenita

TABELA 7.31 – Composição química (óxidos) dos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauá

Composição (%)	Amostra	SR-L-25
	SiO ₂	55,60
	Al ₂ O ₃	24,40
	Fe ₂ O ₃	4,90
	TiO ₂	1,50
	K ₂ O	1,10
	MgO	0,20
	Na ₂ O	0,15
	FeO	0,14
	P ₂ O ₅	0,06
	CaO	< 0,05
	MnO	< 0,05
	Carbono Orgânico	0,22
	Perda ao Fogo (P.F)	12,00
	Total	100,27

TABELA 7.32 – Composição química (elementos traços) dos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauaú

Furo	Amostra	20 a 100 ppm			10 a 20 ppm				1 a 10 ppm						< 1 ppm	
		Ba	V	B	Zn	Cr	Pb	Y	Sc	Cu	Sr	Co	As	Ni	Sn	Mo
F-25	SR-L-25	83	48	40	17	16	12	11	9	6	3	3	2	2	1	< 0,2
	Média Crustal ^(*)	425	135	10	70	100	13	33	22	55	375	25	1,8	75	2	1,5

Obs.: ^(*) Dados de MASON (1966)

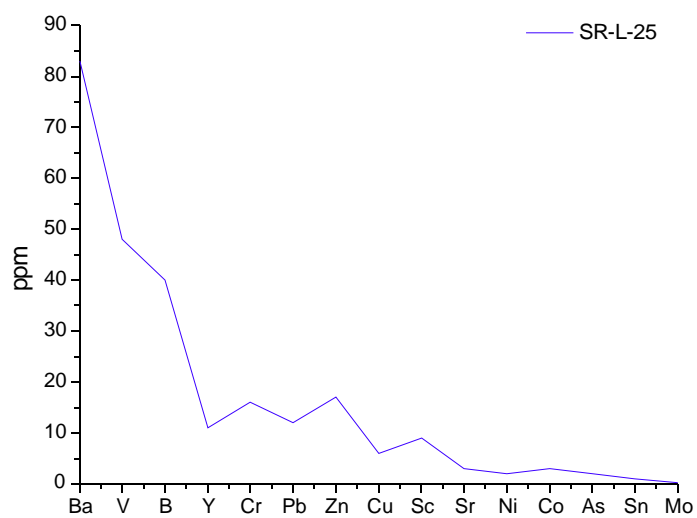


FIGURA 7.58 – Elementos traços da aluvião do rio Quitauaú

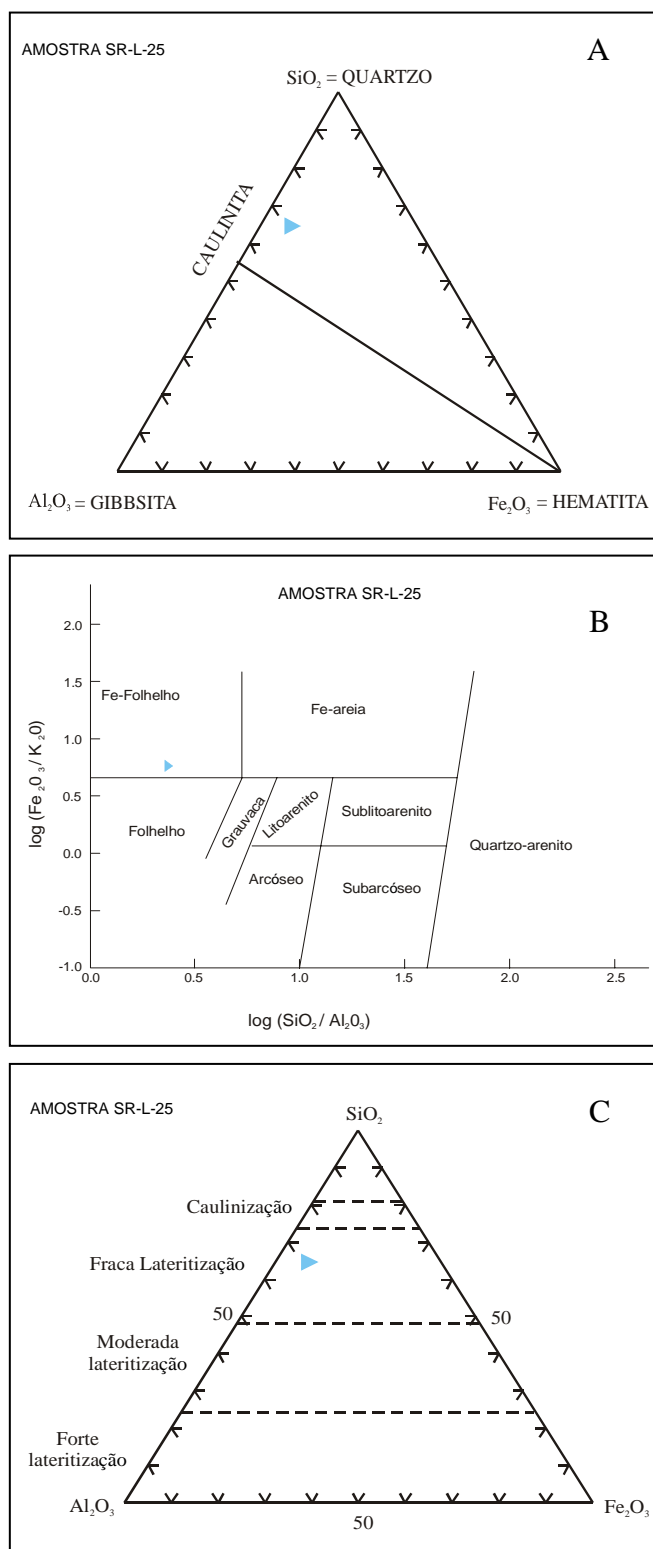


FIGURA 7.59 – (A) Argila da aluvião do rio Quitauá no campo das caulinitas no diagrama ternário SiO₂/Al₂O₃/Fe₂O₃ de BOURMAN e OLLIER (2002)

(B) Caracterização litológica dos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauá como Fe-folhelhos, baseada na classificação de arenitos e folhelhos terrígenos através do diagrama log (Fe₂O₃/K₂O) vs log (SiO₂/Al₂O₃) de HERRON (1988)

(C) Sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauá com plot no campo da “fracca lateritização” no diagrama ternário SiO₂/Al₂O₃/Fe₂O₃ de SCHELLMANN (1983)

7.6 ASPECTOS COMPARATIVOS DAS ARGILAS DA REGIÃO DE BOA VISTA

No que diz respeito à caracterização litológica, os seguintes aspectos são destacados:

O depósito de argila da Fazenda Santa Cecília destaca-se das demais áreas estudadas por apresentar horizontes argilosos mais espessos. A boa plasticidade apresentada nos testes manuais em campo pelas argilas desse depósito só é comparada com aquelas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri e com as da aluvião do rio Quitauaú, haja vista que as argilas da Fazenda Brasilândia e as grauvas intemperizadas da Formação Boa Vista apresentam uma plasticidade definida no campo como média e muito baixa, respectivamente.

O depósito de argila da Fazenda Santa Cecília tem em comum com aquele da Fazenda Brasilândia a presença em alguns perfis de fragmentos de até 1,0 cm de diâmetro de crosta ferruginosa em sua seção basal, o que não é verificado nas grauvas intemperizadas da Formação Boa Vista nem nos sedimentos da Aluvião do rio Quitauaú. Já nas argilas derivadas dos basaltos do Complexo Vulcânico Apoteri observa-se que resto de crosta ferruginosa ocorre ao longo de praticamente toda a seção que está sobreposta ao saprólito.

Sob o ponto de vista granulométrico, a fração argila do depósito de Santa Cecília (58,06%) > Aluvião do rio Quitauaú (56,98%) > Fazenda Brasilândia (42,24%) > Complexo Vulcânico Apoteri (40,21%) > Formação Boa Vista (20,25%). A fração silte do depósito de Santa Cecília (27,28%) > Aluvião do rio Quitauaú (26,78%) > Complexo Vulcânico Apoteri (15,24%) > Formação Boa Vista (14,52%) > Fazenda Brasilândia (12,67%), enquanto que a fração areia da Formação Boa Vista (65,23%) > Fazenda Brasilândia (45,09%) > Complexo Vulcânico Apoteri (44,55%) > Aluvião do rio Quitauaú (16,24%) > Fazenda Santa Cecília (14,66%), **TABELA 7.33 e FIGURA 7.60.**

Pela mineralogia determinada (**TABELA 7.34**) foi possível caracterizar as áreas estudadas, conforme visto resumidamente a seguir:

- FAZENDA SANTA CECÍLIA: Nessa área verifica-se predomínio de argilominerais, destacando-se a caulinita e a illita. Muito secundariamente ocorre argilomineral expansivo não identificado. Associado aos argilominerais quartzo e fragmentos de crosta ferruginosa se destacam. Secundariamente ocorre clorita, muscovita, rutilo, turmalina, zircão, ilmenita, magnetita, monazita, calcita, plagioclásio, fragmentos de rocha carbonática, de granito, de metachert, de grauvas, de arenito e de quartzito.

- FAZENDA BRASILÂNDIA: Diferencia-se do depósito de Santa Cecília por apresentar illita de forma muito subordinada, bem como pela presença de granada e ausência de monazita, turmalina e fragmentos de metachert, granito, arenito e grauvas.

- **FORMAÇÃO BOA VISTA:** A illita ocorre de forma ainda mais subordinada que nos depósitos de Santa Cecília e Brasilândia e diferencia-se também por não apresentar argilomineral expansivo não identificado nem clorita.

- **COMPLEXO VULCÂNICO APOTERI:** Diferencia-se dos demais depósitos por apresentar montmorilonita como argilomineral característico. Também ocorrem calcedônia e fragmentos de quartzo de veio que não são verificados em outras áreas.

- **ALUVIÃO DO RIO QUITAUAU:** A ausência de illita nesse depósito, apesar do alto teor de K_2O (1,10%) apresentado, representa o principal marco de diferença para os demais. Nessa área também não se verifica a presença de argilomineral expansivo não identificado, clorita, rutilo, plagioclásio, carbonato, magnetita nem fragmentos de quartzito, os quais estão presentes nos depósitos de Santa Cecília e Brasilândia.

O quimismo das áreas estudadas (**TABELA 7.35**) mostra uma boa correspondência entre o depósito da Fazenda Santa Cecília e aquele da aluvião do rio Quitauau, principalmente no que diz respeito aos conteúdos de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , onde nos diagramas $SiO_2/Al_2O_3/Fe_2O_3$ (**FIGURA 7.62A**) e SiO_2/Al_2O_3 (**FIGURA 7.63A**) os campos desses depósitos praticamente estão juntos. Também esses depósitos apresentam uma certa correspondência nos diagramas $TiO_2/MgO/K_2O$ (**FIGURA 7.63B**) e Pb/Ba (**FIGURA 7.63C**), onde no primeiro verifica-se um discreto enriquecimento de TiO_2 e empobrecimento de K_2O e, no último, um discreto empobrecimento de Pb e Ba na aluvião do rio Quitauau. A correspondência química entre essas áreas é também denotada pelos teores similares de Co e Cr e pelos teores de Cu , Sr , e Ni que encontram-se em patamares muito próximos. Já o Ba , Y e Pb estão mais enriquecidos no depósito de Santa Cecília, enquanto que V , B , Zn e Sc encontram-se mais enriquecidos na aluvião do rio Quitauau (**FIGURA 7.61**).

Nos diagramas $SiO_2/Al_2O_3/Fe_2O_3$ (**FIGURA 7.62A**) e SiO_2/Al_2O_3 (**FIGURA 7.63A**), observa-se um paulatino incremento de SiO_2 e empobrecimento de Al_2O_3 no sentido dos depósitos de Santa Cecília e aluvião do rio Quitauau para o depósito de Brasilândia e Formação Boa Vista, enquanto que no diagrama $TiO_2/MgO/K_2O$ (**FIGURA 7.63B**), é verificado incremento de TiO_2 e empobrecimento de K_2O no mesmo sentido. No diagrama (**FIGURA 7.63C**), nota-se uma discreta correlação positiva entre Pb e Ba , verificando-se um incremento paulatino desses elementos no sentido da Formação Boa Vista para os depósitos da Fazenda Brasilândia, aluvião do rio Quitauau e Santa Cecília.

Os sedimentos derivados dos basaltos do Complexo Vulcânico Apoteri se destacam quimicamente das demais áreas por apresentarem menores conteúdos de SiO_2 e Al_2O_3 e maiores de Fe_2O_3 , CaO , Na_2O , MnO , MgO , Ba , V , Co , B , Cr , Cu , Sr , Ni , Zn e Sc .

Os sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília estão classificados em parte como folhelhos e, em parte, como Fe-folhelhos, enquanto que aqueles da Fazenda Brasilândia, aluvião do rio Quitauaú e do Complexo Vulcânico Apoteri se classificam como Fe-folhelhos. Já os da Formação Boa Vista são classificados em parte como Fe-folhelhos e, em parte, como Fe-areia, conforme indica o diagrama $\log (Fe_2O_3/K_2O)$ vs $\log (SiO_2/Al_2O_3)$ de HERRON (1988), **FIGURA 7.62B**.

O diagrama $SiO_2/Al_2O_3/Fe_2O_3$ de SCHELLMANN (1983), **FIGURA 7.62C**, mostra que os sedimentos estudados caem no campo da “fraca lateritização”, exceto a Formação Boa Vista que está no campo da “caulinização”.

TABELA 7.33 – Classificação de argila, silte e areia dos sedimentos da região de Boa Vista

Área	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
Fazenda Santa Cecília (n=22)	58,06	27,28	14,66
Fazenda Brasilândia (n=10)	42,24	12,67	45,09
Formação Boa Vista (n=5)	20,25	14,52	65,23
Complexo Vulcânico Apoteri (n=1)	40,21	15,24	44,55
Aluvião do Rio Quitauaú (n=1)	56,98	26,78	16,24

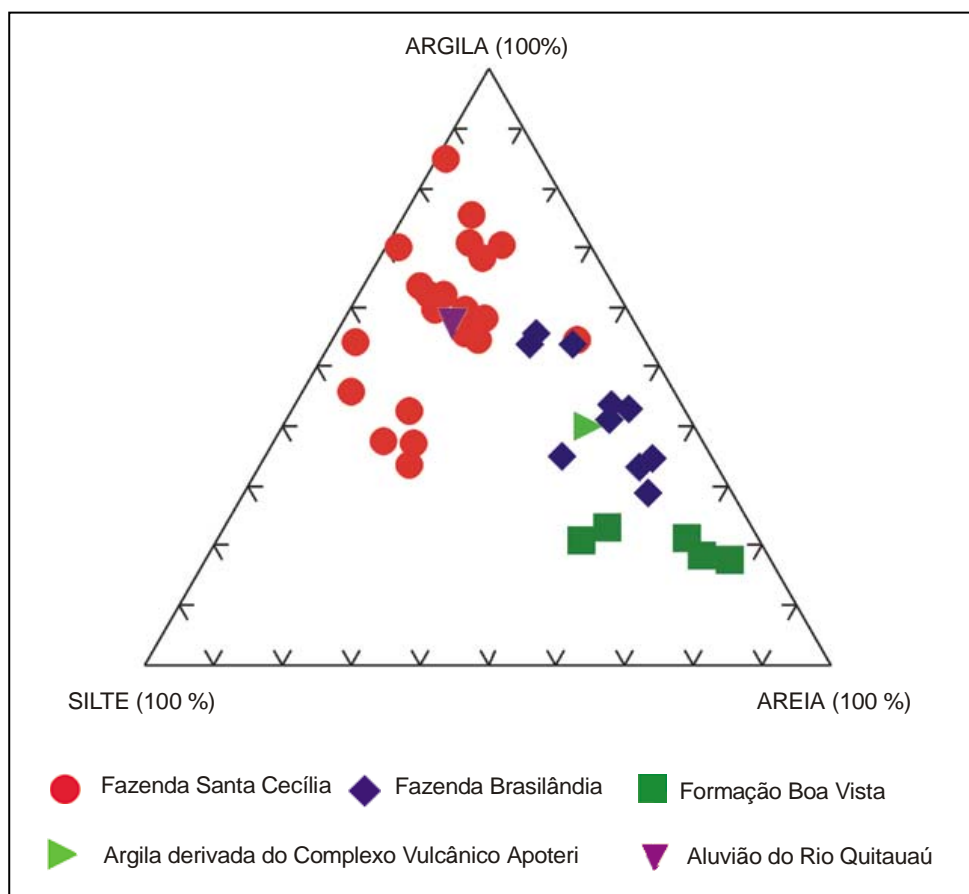


FIGURA 7.60 – Diagrama ternário argila/silte/areia dos sedimentos da região de Boa Vista

TABELA 7.34 – Composição mineralógica dos sedimentos da região de Boa Vista

Minerais	Fazenda Santa Cecilia	Fazenda Brasilândia	Formação Boa Vista	Complexo Vulcânico Apoteri	Aluvião do Rio Quitauaú
Caulinita	X	X	X		X
Ilita	X	X	X	X	
Montmorilonita				X	
Argilomineral não Identificado	X	X			
Clorita	X	X			
Apatita	X	X	X		X
Quartzo	X	X	X	X	X
Muscovita	X	X	X		X
Rutilo	X	X	X	X	
Turmalina	X		X		
Calcedônia				X	
Plagioclásio	X	X		X	
Carbonato	X	X		X	
Sericita		X	X		
Ilmenita	X	X	X		X
Magnetita	X	X	X		
Monazita	X				
Zircão	X	X	X		X
Granada		X			
Fragmento de Granito	X				
Fragmento de Rocha Carbonática	X				
Fragmento de Metachert	X		X		
Fragmento de Quartzito	X	X			
Fragmento de Arenito	X				
Fragmento de Grauvaca	X				
Fragmento de Crosta Ferruginosa	X	X	X	X	X
Fragmento de Quartzito de Veio				X	

TABELA 7.35 – Composição química média dos sedimentos da região de Boa Vista

Local Composição (%)	Fazenda Santa Cecília (n=22)	Fazenda Brasilândia (n=10)	Formação Boa Vista (n=5)	Complexo Vulcânico Apoteri (n=1)	Aluvião do Rio Quitauaú (n=1)
SiO ₂	57,86	60,50	71,04	55,20	55,60
Al ₂ O ₃	23,40	21,98	17,52	12,50	24,40
Fe ₂ O ₃	4,20	3,78	1,98	9,20	4,90
TiO ₂	0,91	1,34	1,34	0,95	1,50
K ₂ O	1,27	0,33	0,19	0,12	1,10
MgO	0,28	< 0,05	< 0,05	0,97	0,20
Na ₂ O	0,17	0,12	< 0,05	0,37	0,15
CaO	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2,50	< 0,05
FeO	0,14	0,17	< 0,10	< 0,10	0,14
MnO	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,10	< 0,05
P ₂ O ₅	0,03	< 0,02	< 0,02	0,02	0,06
Carbono Orgânico	0,33	0,29	0,19	0,70	0,22
P.F	11,65	11,82	8,08	17,00	12,00
Total	100,23	100,35	100,37	100,63	100,27
(ppm)					
Ba	144	33	3	574	83
V	39	54	30	125	48
Co	3	1	1	109	3
B	33	30	14	77	40
Cr	16	18	13	57	16
Cu	9	6	3	46	6
Sr	5	2	1	40	3
Ni	3	2	1	33	2
Zn	12	7	5	29	17
Y	17	4	1	18	11
Sc	6	7	5	17	9
Pb	15	7	2	3	12
As	2	2	1	1	2
Sn	1	1	1	1	1
Mo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

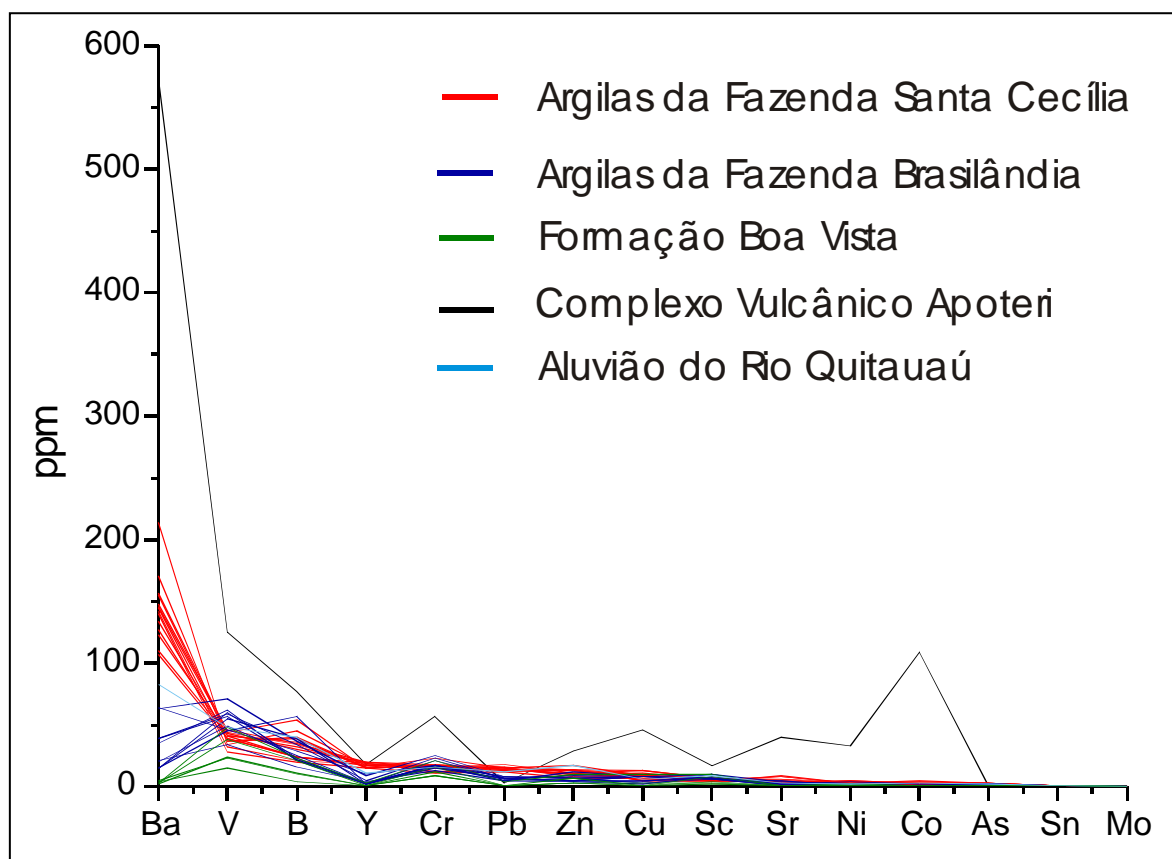


FIGURA 7.61 – Distribuição dos elementos traços nos sedimentos da região de Boa Vista

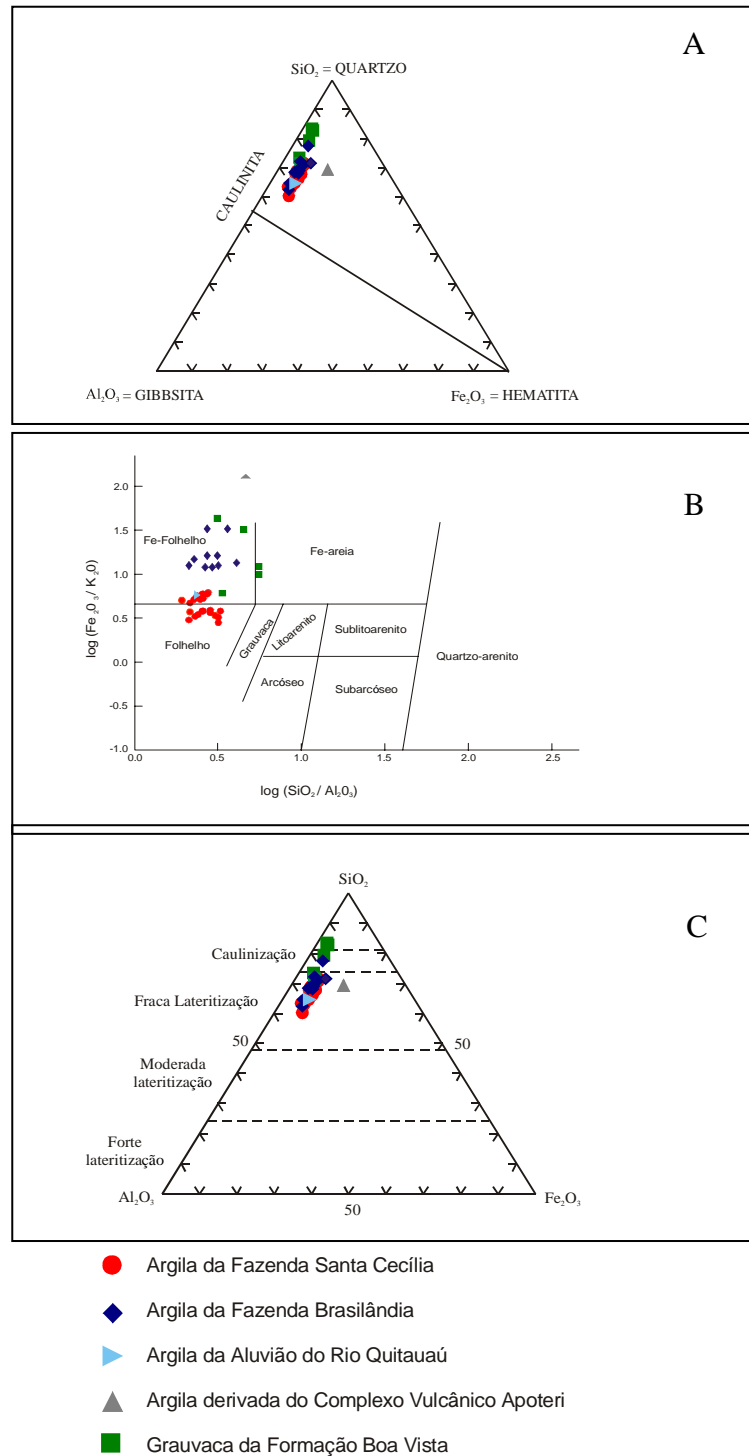


FIGURA 7.62 – (A) Sedimentos da região de Boa Vista no diagrama ternário SiO₂/Al₂O₃/Fe₂O₃ de BOURMAN e OLLIER (2002)

(B) – Sedimentos da região de Boa Vista no campo dos folhelhos, Fe – folhelhos e Fe – areia baseado no diagrama log (SiO₂/Al₂O₃)/ log (Fe₂O₃/K₂O) de HERRON (1988)

(C) – Sedimentos da região de Boa Vista com plot nos campos das “fraca lateritização” e “caulinização” no diagrama SiO₂/Al₂O₃/Fe₂O₃ de SCHELLMANN (1983)

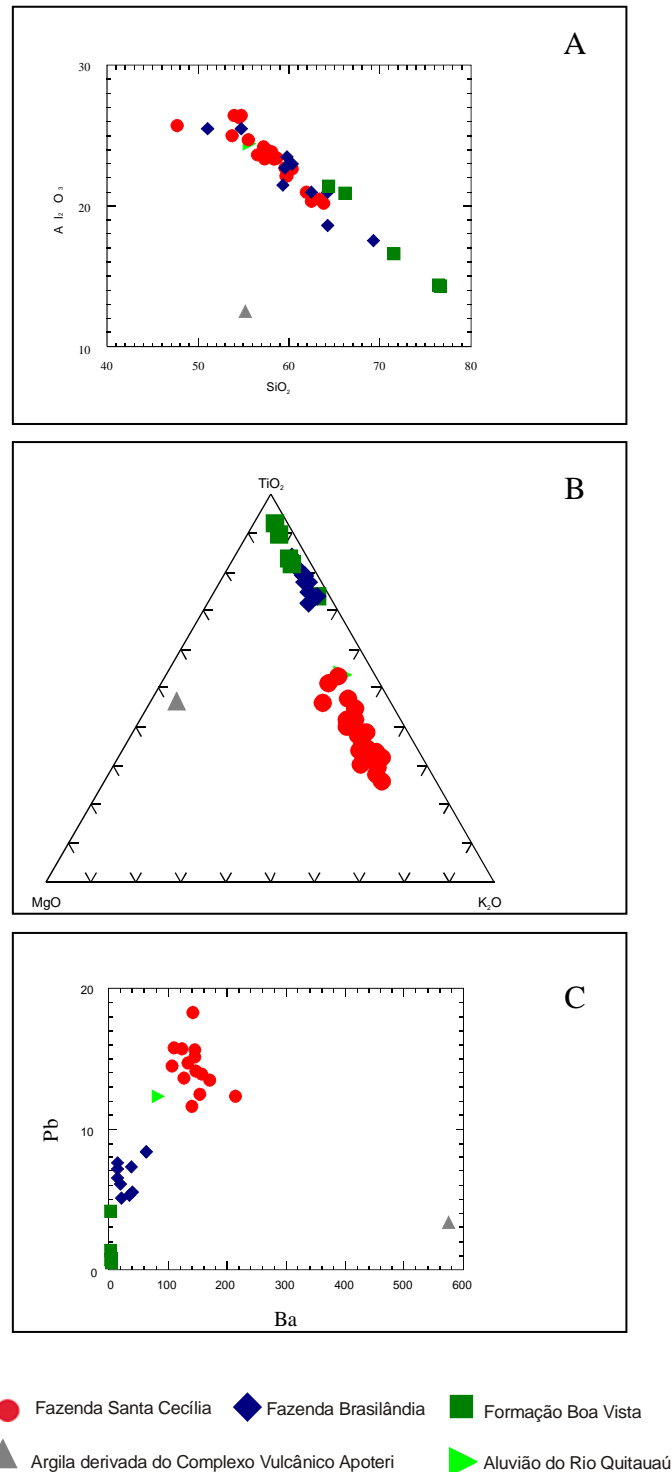


FIGURA 7.63 – (A) Diagrama mostrando correlação negativa entre SiO_2 e Al_2O_3 , onde é verificado o enriquecimento de SiO_2 e empobrecimento de Al_2O_3 no sentido dos depósitos da Fazenda Santa Cecília e aluvião do rio Quitauaú para o depósito de Brasilândia e Formação Boa Vista.

(B) – Diagrama $TiO_2/MgO/K_2O$ indicando enriquecimento de TiO_2 e empobrecimento de K_2O no sentido do depósito de Santa Cecília para aluvião do rio Quitauaú, Brasilândia e Formação Boa Vista.

(C) – Diagrama mostrando correlação positiva entre Pb e Ba, onde verifica-se o incremento desses elementos no sentido da Formação Boa Vista para os depósitos de Brasilândia, aluvião do rio Quitauaú e Santa Cecília.

8. RESULTADO DOS ESTUDOS PALINOLÓGICOS

A análise de pólen e esporos é uma ferramenta valiosa para se detectar mudanças de vegetação e de clima no decorrer do tempo. Assim, ela é de fundamental importância para se fazer a reconstrução da história de uma região. Pólen é a estrutura reprodutiva masculina de plantas superiores como as gymnospermas e angiospermas, enquanto que esporos, são estruturas reprodutivas assexuadas de plantas vasculares inferiores como as pteridófitas (ABSY, SERVANT e ABSY, 1993).

Para os estudos palinológicos foram selecionadas amostras da Fazenda Santa Cecília (furo F-143) e da Aluvião do rio Quitauauú (furo F-25). Nessa seleção deu-se preferência aos sedimentos mais escuros com, inclusive, matéria orgânica decomposta (turfa), como é o caso do furo F-143.

8.1 PALINOLOGIA DO DEPÓSITO DA FAZENDA SANTA CECÍLIA E DATAÇÃO DO ^{14}C

Os estudos palinológicos dessa região revelaram pólen, esporos e algas de água doce do Quaternário (Holoceno) que caracterizam da base para o topo do perfil dois períodos de clima úmido, denotados por vegetação de floresta tropical úmida (palmae, euphorbiaceae e bromeliaceae) e algas clorofíceas de água doce (zygnemataceae), alternados por um período mais seco que está caracterizado por vegetação de savana (gramineae, compositae, cyperaceae e rubiaceae), encerrando com um clima sub-atual seco/úmido que está representado por vegetação de savana (cyperaceae e compositae) e por vegetação de clima tropical úmido (palmae), (**FIGURAS 8.1, 8.2, 8.3 e 8.4**). Essa convivência de 2 tipos de vegetação é compatível com o observado por VELOSO et al. (1975), que cita a presença de vegetação constituída de malpighiaceae e rubiaceae compondo o ecossistema lenhoso-graminóide do Estado de Roraima, enquanto que nos refúgios arbustivos-graminosos destaca a presença de euphorbiaceae, compositae, rubiaceae, cyperaceae e aquifoliaceae. A mimosaceae e a rubiaceae também foram reportadas por SILVA (1993), como parte da vegetação de savana atual da região de Boa Vista. Essas, assim como cyperaceae, onograceae, e gramineae também foram reportadas por FRANCISCON (2002), como representativas da vegetação atual de savana estépica, arbórea e de savana parque ocorrentes no Estado de Roraima.

Dos dados acima, depreende-se que poucas mudanças na vegetação de savana ocorreram desde o início da deposição dos sedimentos argilosos do depósito da Fazenda Santa Cecília até os dias atuais, o que corrobora os trabalhos de ABSY et al. (1997), que indicam que poucas mudanças na vegetação ocorreram nas áreas de savana de Boa Vista, nos últimos 3.650 anos A.P..

A vegetação de savana caracterizada no depósito da Fazenda Santa Cecília tem correspondentes no Quaternário das regiões do igarapé Katira (Rondônia) e

Sequência “Tilatá” (Bogotá), bem como nos sedimentos holocênicos das Savanas Rupununi (Guiana), Costa de Terra Nova (Amazonas) e região dos lagos Surara (rio Purus) e Cuminá (região do rio Trombetas – Pará), conforme atestam os trabalhos de HAMMEN (1966 e 1972), WIJMSTRA e HAMMEN (1966) e ABSY (1979).

Os dados acima indicam um amplo espectro areal de clima seco que teve sazonalidade durante o Quaternário no Norte da América do Sul.

Como já foi destacado no item 7.1.1, a região da Fazenda Santa Cecília faz parte de um sistema fluvial meandrante constituído de depósito de canal ou barrras de meandros que evoluem para depósito de planície de inundação. O início da formação dessa planície de inundação se deu a 5.880 ± 70 anos A.P., conforme atesta a datação de ^{14}C na argila da amostra SR-L-143D, no intervalo de 3,0 m – 3,5 m de profundidade (**FIGURA 8.1**). Assim, se pode afirmar, que o depósito de Santa Cecília teve taxa deposicional média em torno de 0,55 mm de argila/ano. A idade determinada revela ser bem mais antiga que as definidas no Estado de Roraima por ABSY et al. (1997) nos sedimentos dos lagos Galheiro (205 ± 75 anos A.P.), Redondo (1.590 ± 60 anos A.P.) e da Fazenda São Joaquim (3.650 ± 60 anos A.P.).

8.2 PALINOLOGIA DA ALUVIÃO DO RIO QUITAUUAÚ

O furo F-25 apresenta-se empobrecido em dados palinológicos. Apenas a zona do topo caracterizada pela amostra SR-L-25A (**FIGURA 8.5**), apresentou esporos e pólenes do Holoceno, evidenciando a presença de vegetação de savana (cyperaceae) e polypodiaceae, respectivamente, indicando a atuação de um clima sub-atual seco reinante nessa região. Atualmente, a aluvião do rio Quitauauú está coberta por vegetação ombrófila aluvial (SERRUYA e MOURÃO, 2002) ou por floresta aluvial (FRANCISCON, 2002). Isto dá uma indicação do avanço da floresta atual sobre a savana, corroborando assim os trabalhos de CARNEIRO (1991) e SILVA (1993), que indicam essa tendência.

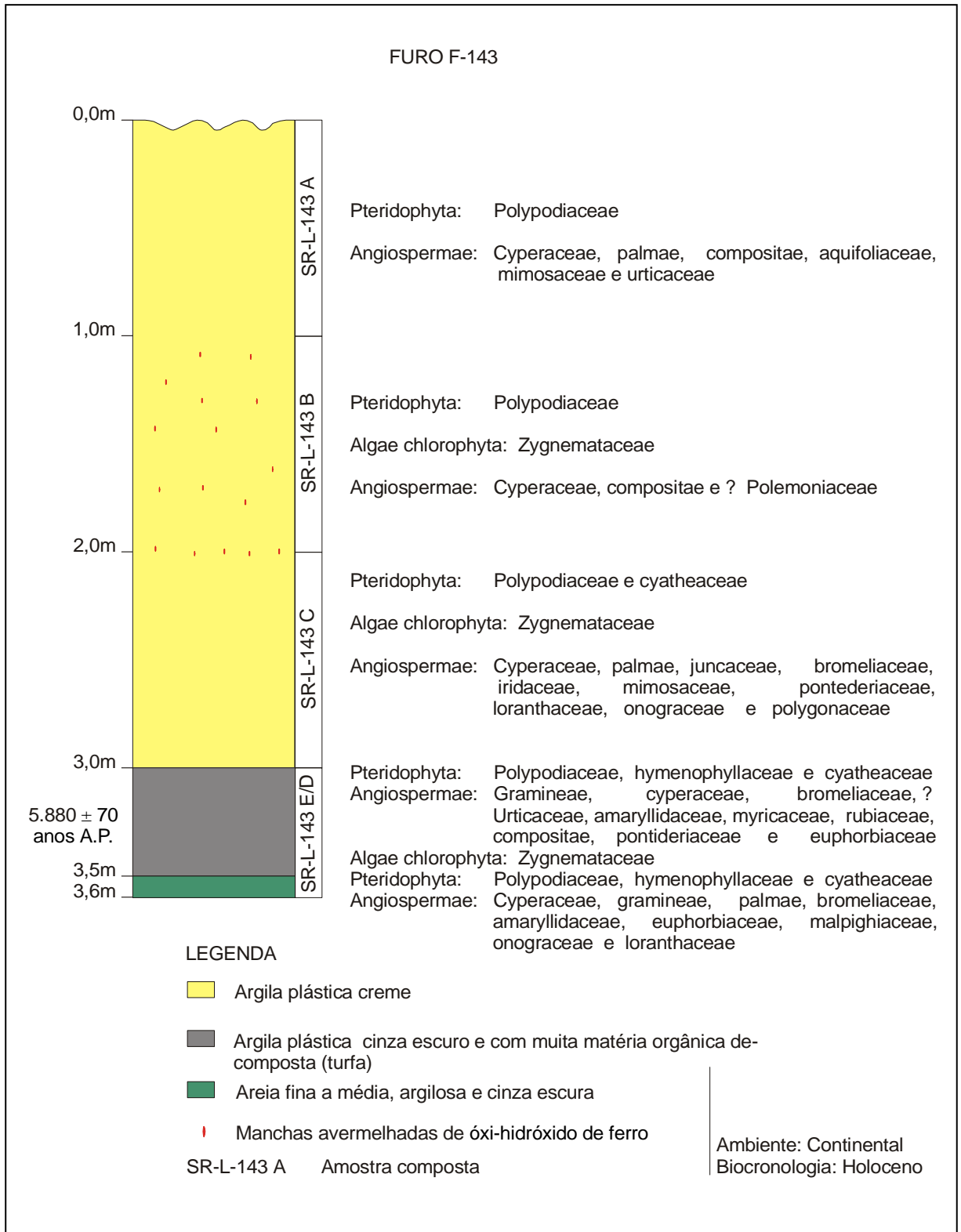


FIGURA 8.1 – Palinomorfos detectados na Fazenda Santa Cecília (Furo F-143)



FIGURA 8.2 – Caracterização de pteridophyta e angiospermae na Fazenda Santa Cecília (Furo F-143).

- A – Esporo de Polypodiaceae
- B – Esporo de Cyatheaceae
- C – Pólen de Palmae
- D – Pólen de Euphorbiaceae
- E – Pólen de Gramineae

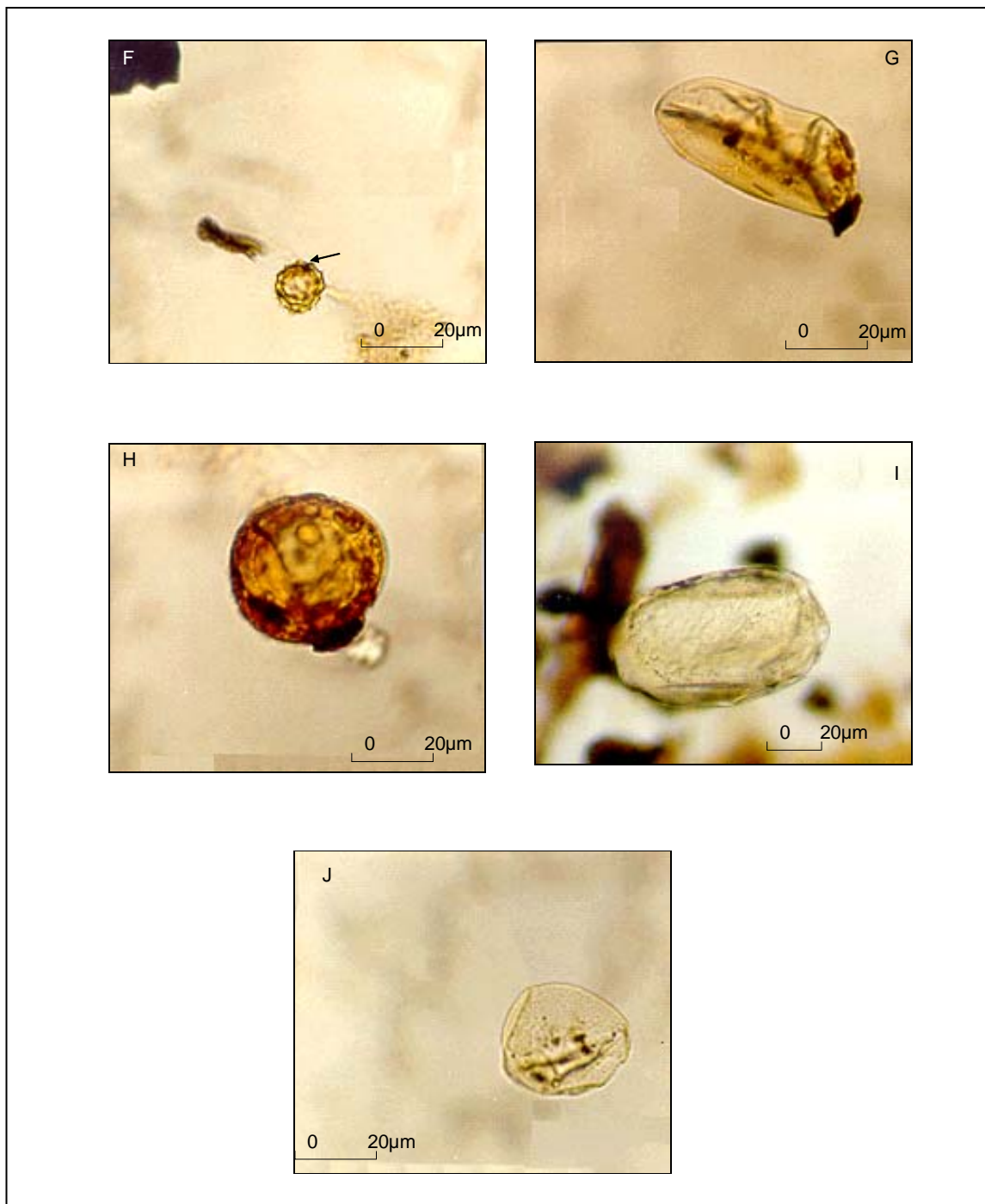


FIGURA 8.3 – Caracterização de angiospermae e de alga de água doce na Fazenda Santa Cecília (Furo F-143).

F – Pólen de Compositae

G – Pólen de Cyperaceae

H – Pólen de Rubiaceae

I – Zygnemataceae (Alga de Água Doce)

J – Pólen de Bromeliaceae

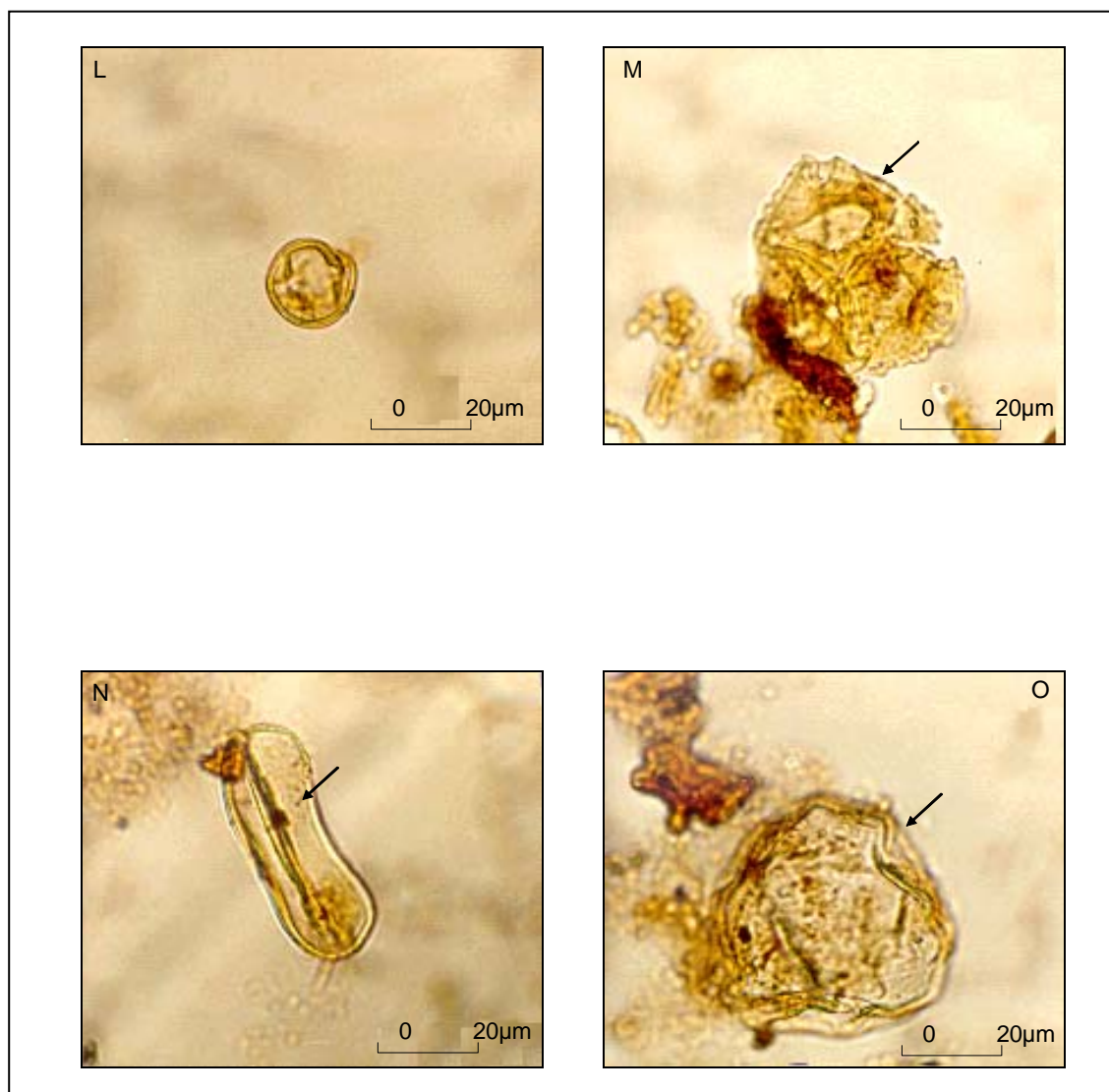


FIGURA 8.4 – Caracterização de angiospermae na fazenda Santa Cecília (Furo F – 143).

L – Pólen de malpighiaceae

M – Pólen de Onograceae

N – Pólen de Pontederiaceae

O – Pólen de Juncaceae

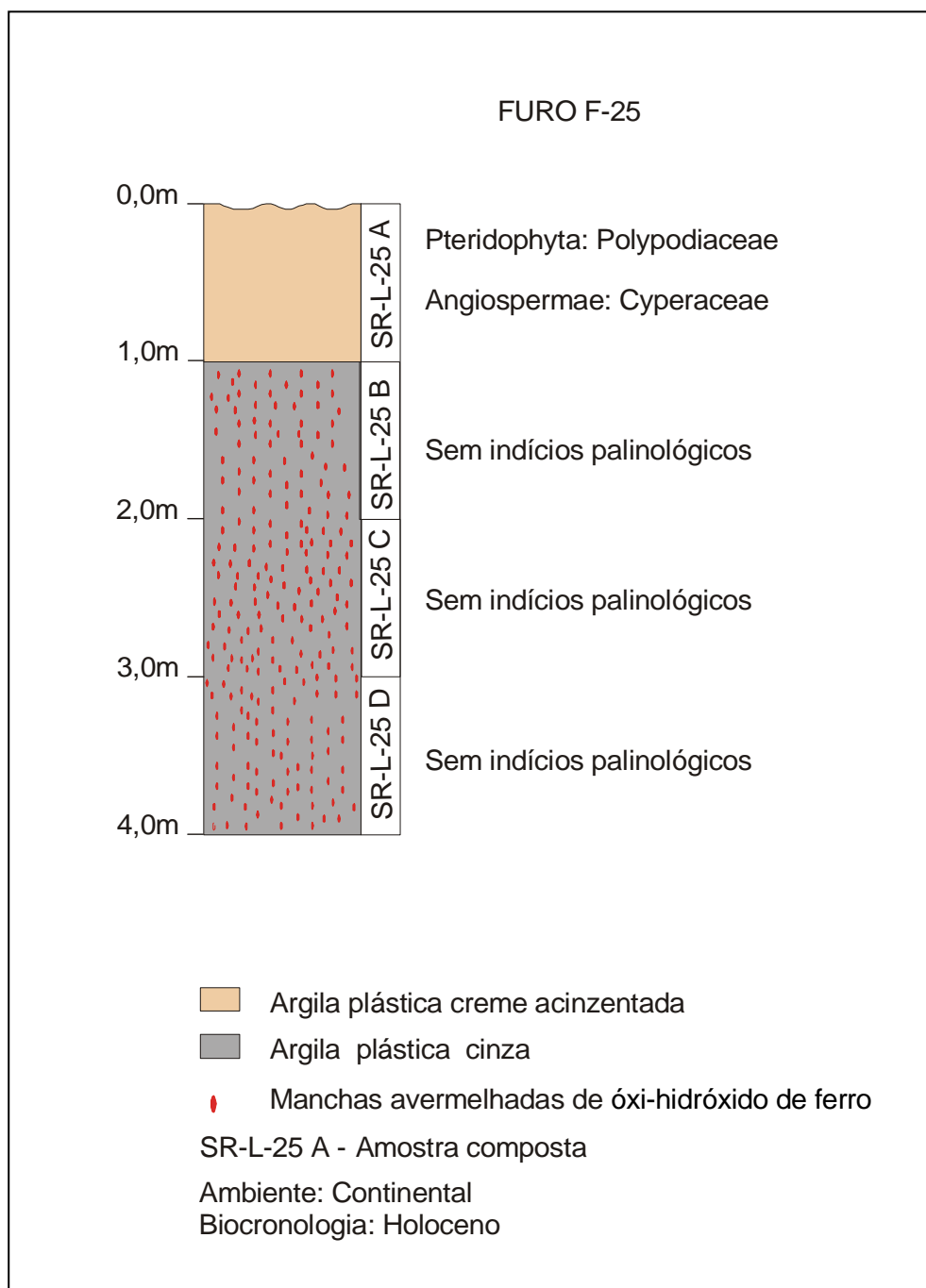


FIGURA 8.5 – Palinomorfos detectados na aluvião do rio Quitauaú (Furo F – 25)

9. RESULTADO DOS TESTES TECNOLÓGICOS

Dois tipos de testes tecnológicos foram efetuados em argilas da região de Boa Vista e os resultados são apresentados a seguir:

9.1 TESTES PARA VERIFICAÇÃO DA APLICABILIDADE NA INDÚSTRIA DA CERÂMICA BRANCA

O depósito da Fazenda Santa Cecília apesar de ter a caulinita como argilomineral predominante, seguido de illita e apresentar uma alta resistência mecânica após a queima (média de 280,97 kgf/cm², **TABELA 9.1**), possui um conteúdo de partículas <2 µm muito baixo (58,06%), alto conteúdo de FeO^t (3,96 %) e apresenta após a queima a 1250^oC cores escuras indesejáveis (rosa alaranjado, laranja amarelado, laranja acinzentado e marron), o que torna inviável a aplicabilidade das argilas desse depósito na indústria da cerâmica branca. Ressalta-se, todavia, que a resistência mecânica ou tensão de ruptura à flexão apresentada pelas argilas da Fazenda Santa Cecília (média de 280,97 kgf/cm²) é mais alta que aquelas verificadas nas argilas de São Simão (212,10 kgf/cm²), conforme dados de SANTOS (1992) e mais baixa que das argilas de Rorainópolis e Mucajaí (456,65 kgf/cm² e 518,97 kgf/cm², respectivamente) que foram atestadas nos ensaios cerâmicos como de provável uso na indústria da cerâmica branca (REIS et al., 2002).

9.2 TESTES ESPECÍFICOS PARA TIJOLOS E TELHAS

Nesse tipo de ensaio cerâmico foram empregadas argilas da Fazenda Santa Cecília, Fazenda Brasilândia, Aluvião do rio Quitauaú e da Formação Boa Vista, como será visto a seguir:

9.2.1 Argilas da Fazenda Santa Cecília

Do depósito da Fazenda Santa Cecília foram submetidas aos testes específicos amostras de quatorze (14) furos de sondagem, correspondentes as amostras SR-L-04, SR-L-06, SR-L-07, SR-L-09, SR-L-11, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-27, SR-L-31, SR-L-33, SR-L-36, SR-L-39, SR-L-41 e SR-L-43. Após a queima a 950^oC os corpos de prova apresentaram absorção de água variando entre 18,52% e 23,49%, tensão de ruptura à flexão entre 28,16 kgf/cm² e 202,85 kgf/cm² e cores rosa alaranjado moderado e laranja avermelhado moderado (**TABELA 9.2**).

Comparando-se os valores determinados nos testes (**TABELA 9.2**) com aqueles adotados pelo ITEP (**TABELA 5.2**) no que diz respeito aos limites de absorção de água, tensão de ruptura à flexão e cor, observa-se que: as amostras SR-L-06 e SR-L-39 são adequadas ao fabrico de tijolos manuais e prensados; as amostras SR-L-04, SR-L-09,

SR-L-15, SR-L-17, SR-L-27, SR-L-31, SR-L-33, SR-L-36, SR-L-41 e SR-L-43 são adequadas ao fabrico de tijolos furados (8 furos), enquanto que as amostras SR-L-07 e SR-L-11 revelaram-se adequadas ao fabrico de telhas.

Comparando-se os valores das características cerâmicas apresentadas nos testes (**TABELA 9.2**) com aqueles recomendados pela ABNT (**TABELA 5.2**), observa-se que: a amostra SR-L-39 é adequada ao fabrico de tijolo tipo B; as amostras SR-L-06, SR-L-09, SR-L-15, SR-L-17, SR-L-27, SR-L-31, SR-L-36, SR-L-41 e SR-L-43 são adequadas ao fabrico de tijolos tipo C, enquanto que as amostras SR-L-04, SR-L-07, SR-L-11 e SR-L-33 mostram-se adequadas ao fabrico de telhas.

9.2.2 Argilas da Fazenda Brasilândia

Da região da Fazenda Brasilândia foram seleccionados 10 furos de sondagem (amostras SR-L-47, SR-L-49, SR-L-50, SR-L-51, SR-L-53, SR-L-56, SR-L-59, SR-L-61, SR-L-62 e SR-L-67) para testes específicos de tijolos e telhas. Após a queima a 950°C observa-se que a absorção de água varia entre 17,56% e 24,35%, tensão de ruptura à flexão entre 8,06 kgf/cm² e 32,24 kgf/cm² e as cores entre laranja avermelhado moderado e rosa alaranjado moderado.

Comparando-se os parâmetros cerâmicos obtidos nos testes (**TABELA 9.3**) com os valores limites adotados pelo ITEP (**TABELA 5.2**), observa-se que as amostras SR-L-49, SR-L-50, SR-L-56 e SR-L-67 adequaram-se ao fabrico de tijolos manuais e prensados. Já as amostras SR-L-47, SR-L-51, SR-L-53, SR-L-59, SR-L-61 e SR-L-62, apresentam-se como inadequadas para uso na indústria da cerâmica vermelha, haja vista a tensão de ruptura à flexão estar abaixo do limite mínimo exigido.

Comparando-se os parâmetros cerâmicos obtidos nos testes (**TABELA 9.3**) com os valores limites adotados pela ABNT (**TABELA 5.2**), observa-se que as amostras SR-L-50, SR-L-62 e SR-L-67 apresentam aplicabilidade no fabrico de tijolos tipo A; as amostras SR-L-49 e SR-L-56 encontram aplicabilidade no fabrico de tijolos tipo B, enquanto que as amostras SR-L-47, SR-L-51, SR-L-53, SR-L-59 e SR-L-61 são inadequadas à indústria da cerâmica vermelha por apresentarem valores de tensão de ruptura à flexão abaixo do limite mínimo exigido.

9.2.3 Argilas da Aluvião do Rio Quitauaú

A sul da cidade de Cantá, na faixa aluvionar do rio Quitauaú, o furo de sondagem F-25 cortou um pacote com 4,0 m de espessura de argila acinzentada e plástica, cuja amostra representativa desse pacote argiloso (SR-L-25) foi submetida à testes específicos para tijolos e telhas. Após a queima a 950°C o corpo de prova apresentou absorção de água de 21,19%, tensão de ruptura à flexão de 36,53 kgf/cm² e cor laranja avermelhado moderado (**TABELA 9.4**).

Comparando-se os valores resultantes dos ensaios (**TABELA 9.4**) com os valores limites recomendados pelo ITEP (**TABELA 5.2**), verifica-se que a amostra da aluvião do rio Quitauaú apresenta aplicabilidade no fabrico de tijolos manuais e prensados.

Quando a comparação é feita entre os valores obtidos nos testes (**TABELA 9.4**) e os valores limites adotados pela ABNT (**TABELA 5.2**), observa-se que as argilas da Aluvião do rio Quitauaú tem aplicabilidade no fabrico de tijolos do tipo B.

9.2.4 Grauvacas intemperizadas da Formação Boa Vista

Dos dezoito furos de sondagem efetuados no âmbito da Formação Boa Vista foi escolhido o furo F-01 (amostra SR-L-01), para testes específicos para tijolos e telhas, haja vista apresentar fração pelítica bastante expressiva. As características cerâmicas apresentadas pelo corpo de prova após a queima a 950°C mostram absorção de água de 19,19%, tensão de ruptura à flexão de 9,89 kgf/cm² e cor rosa alaranjado.

Confrontando-se os parâmetros cerâmicos obtidos nos testes (**TABELA 9.5**) com os valores limites adotados pelo ITEP (**TABELA 5.2**), no que diz respeito à absorção de água, tensão de ruptura à flexão e cor, observa-se que a amostra da Formação Boa Vista revela-se inadequada à indústria de cerâmica vermelha, tendo em conta que o valor da tensão de ruptura à flexão está abaixo do limite exigido. Agora, confrontando-se os valores obtidos nos testes (**TABELA 9.5**) com os valores limites recomendados pela ABNT (**TABELA 5.2**), verifica-se que a amostra representativa da Formação Boa Vista também apresenta-se inadequada para indústria da cerâmica vermelha.

9.3 ESTUDOS GRANULOMÉTRICOS VERSUS PRODUTOS OBTIDOS NOS TESTES ESPECÍFICOS PARA TIJOLOS E TELHAS

Os sedimentos argilosos empregados na indústria da cerâmica vermelha são compostos por argilominerais e materiais não plásticos, sendo estes representados normalmente por silte, areia, óxi-hidróxido de ferro e outros, atuando como desplastificantes.

As argilas plásticas apresentam granulação muito fina, isto é, grãos abaixo de 2µm e são conhecidas industrialmente como “argilas gordas” (PRACIDELLI e MELCHIADES, 1997). Esses materiais precisam de maior quantidade de água para desenvolver sua plasticidade, apresentam alta resistência mecânica a seco e após a queima e, em razão de seu alto grau de compactação, os canais internos existentes entre as partículas são reduzidos, dificultando a eliminação da água durante o processo de secagem. Em função disso, ocorre aumento no gradiente de umidade no interior do produto, ocasionando fortes retrações diferenciais e deformações, implicando em um ciclo de secagem mais longo. Para facilitar o processamento, essas argilas muito plásticas são

misturadas com “argilas magras”, que são aquelas pobres em argilominerais e ricas em desengordurantes (PETRUCCI, 1995), fazendo com que ocorra a redução da plasticidade da massa, para que seja possível se chegar a uma distribuição granulométrica adequada ao processamento e às características de qualidade do produto desejado (PRACIDELLI e MELCHIADES, 1997).

Os estudos de argilas para aplicação na indústria da cerâmica vermelha tem apontado que a composição mineralógica qualitativa dos argilominerais não é um fator decisivo na determinação e/ou previsão quanto ao seu uso, pois argilas de diferentes composições podem produzir materiais que satisfaçam as especificações dos órgãos normalizadores como a ABNT (SOUZA SANTOS, 1989). Tais estudos mostram que o mais importante é a definição da distribuição granulométrica.

A interdependência dos produtos da cerâmica vermelha com a granulometria do material trabalhado foi demonstrada primeiramente por HEYSTEK (1964) *apud* SANTOS (1989), que mostrou essa relação no diagrama ternário $<2\mu\text{m}$, 2 a $20\mu\text{m}$ e $>20\mu\text{m}$. PRACIDELLI e MELCHIADES (1997), usando os mesmos parâmetros granulométricos de HEYSTEK (1964) *apud* SANTOS (1989), estabeleceram o diagrama granulométrico de Winkler, onde individualizaram campos de aplicação da matéria prima cerâmica: telhas, tijolos furados, tijolos maciços e materiais com dificuldade de aplicação na cerâmica vermelha (**FIGURA 9.1**). Usando-se esse diagrama foi possível definir as aplicações da matéria prima cerâmica em função das faixas granulométricas $<2\mu\text{m}$, 2 a $20\mu\text{m}$ e $>20\mu\text{m}$ determinadas nos furos estudados e relacioná-las aos produtos da cerâmica vermelha obtidos nos testes específicos para tijolos e telhas (**TABELA 9.6**), conforme vistos abaixo:

	<u>($<2\mu\text{m}$)</u>	<u>(2 a $20\mu\text{m}$)</u>	<u>($>20\mu\text{m}$)</u>
Material inadequado para cerâmica vermelha	20,94 a 43,50	3,57 a 16,20	51,23 a 67,16
Tijolos manuais e prensados	34,94 a 56,98	7,14 a 30,86	23,91 a 48,63
Tijolos furados	37,50 a 84,81	8,76 a 36,46	3,90 a 26,04
Telhas	45,77 a 54,08	36,80 a 38,64	9,12 a 15,59

Em função dos dados acima, foram criados campos no diagrama granulométrico de Winkler, que correspondem aproximadamente as composições granulométricas otimizadas para tijolos manuais e prensados, tijolos furados e telhas. Também nesse diagrama é especificado o campo dos materiais inadequados para a cerâmica vermelha (**FIGURA 9.1**). Como visto, os campos de aplicação da matéria prima cerâmica da área estudada ocupam no diagrama de Winkler faixas bem diferenciadas daquelas obtidas por PRACIDELLI e MELCHIADES (1997), conforme observado na **FIGURA 9.1**.

Em função dos dados granulométricos (**TABELA 9.6**) e, considerando-se apenas as composições granulométricas (%) das faixas (<2 μ m + 2 a 20 μ m) e (>20 μ m) do material estudado, é possível se prever um percentual mínimo para a primeira faixa e um máximo para a segunda que definem os produtos da cerâmica vermelha na região de Boa Vista, conforme mostrado a seguir:

	(<2 μ m + 2 a 20 μ m)	(>20 μ m)
Tijolos manuais e prensados	mínimo de 51,37	máximo de 48,63
Tijolos furados	mínimo de 73,96	máximo de 26,04
Telhas	mínimo de 84,41	máximo de 15,59

Adotando-se esse procedimento, observa-se que todas as amostras que apresentam um percentual acima de 48,63% na faixa (>20 μ m) são inadequadas para a indústria da cerâmica vermelha.

9.4 QUIMISMO VERSUS PRODUTOS OBTIDOS NOS TESTES ESPECÍFICOS PARA TIJOLOS E TELHAS

Os produtos da cerâmica vermelha obtidos pelas argilas da região de Boa Vista e classificados pelo ITEP, mostram características químicas (**TABELA 9.7**), conforme vistas a seguir:

Tijolos manuais e prensados – Apresentam elevados teores de SiO₂ (57,87%), Al₂O₃ (23,13%) e Fe₂O₃ (4,13%), moderado teor de K₂O (0,78%) e baixos teores de Na₂O (0,17%), MgO (0,14%) e CaO (<0,05%).

Tijolos furados – Tem teores elevados de SiO₂ (55,88%), Al₂O₃ (24,54%) e Fe₂O₃ (4,16%), apresentam teores mais elevados de K₂O (1,15%) e MgO (0,28%) que nos tijolos manuais e prensados e Na₂O e CaO são muito baixos.

Telhas – A composição química de telhas é caracterizada por elevados teores de SiO₂ (59,70%), Al₂O₃ (22,50%) e Fe₂O₃ (4,30%). Os teores de K₂O (1,60%) e MgO (0,33%) são mais elevados que nos tijolos manuais, prensados e furados, enquanto que Na₂O e CaO são também muito baixos.

Os trabalhos bibliográficos consultados não mostram a relação entre o quimismo das argilas com os produtos obtidos na indústria da cerâmica vermelha. No presente estudo foi verificado que essa interdependência está relacionada aos teores de sílica, alumina, ferro e álcalis presentes na matéria prima. Assim, no diagrama binário SiO₂/Al₂O₃ versus Fe₂O₃/(K₂O+Na₂O+CaO+MgO), ficaram demarcados os campos para telhas, tijolos furados, tijolos manuais e prensados e para materiais inadequados para cerâmica vermelha (**TABELA 9.7 e FIGURA 9.2**). No campo de telhas a relação SiO₂/Al₂O₃ varia entre 2,39 e 2,94, enquanto que Fe₂O₃/álcalis fica entre 1,98 e 2,09; no campo de tijolos furados SiO₂/Al₂O₃ varia entre 1,85 e 2,70 e Fe₂O₃/álcalis entre 1,91 e 3,17; no campo de tijolos manuais e prensados as relações acima variam entre 2,00 a

3,15 e 2,32 a 8,03, respectivamente, enquanto que para materiais inadequados para cerâmica vermelha elas variam entre 2,54 e 3,96 e 3,50 e 13,80, respectivamente **(FIGURA 9.2)**.

TABELA 9.1 – Características tecnológicas das amostras da Fazenda Santa Cecília após a queima a 1.250°C

Furo	Amostra	Absorção de água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	Retração Linear (%)	Tensão de Ruptura à Flexão (Kgf/cm ²)	Cor *	Uso Provável
F-26	SR-L-26	7,93	17,34	2,19	5,98	192,44	Rosa alaranjado	Cerâmica vermelha
F-28	SR-L-28	3,86	9,15	2,37	11,31	336,83	Laranja acinzentado	Cerâmica vermelha
F-32	SR-L-32	6,73	15,34	2,28	9,36	287,24	Laranja acinzentado	Cerâmica vermelha
F-35	SR-L-35	6,94	15,79	2,27	8,31	317,14	Marron claro	Cerâmica vermelha
F-37	SR-L-37	11,20	23,07	2,06	5,33	145,61	Laranja amarelado pálido	Cerâmica vermelha
F-38	SR-L-38	3,99	9,45	2,37	9,62	440,60	Marron avermelhado	Cerâmica vermelha
F-40	SR-L-40	3,40	8,30	2,44	11,50	261,73	Marron claro	Cerâmica vermelha
F-42	SR-L-42	7,95	17,66	2,22	8,94	266,22	Marron claro	Cerâmica vermelha

* Cor comparada com a Rock Color Chart – Geological Society of América – New York (1984).

TABELA 9.2 – Características tecnológicas das amostras da Fazenda Santa Cecília após a queima na temperatura de 950°C (teste específico para tijolos e telhas)

Furo	Amostra	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração Linear (%)	Tensão de Ruptura à Flexão (Kgf/cm ²)	Cor ⁽¹⁾	Aplicabilidade segundo ABNT ⁽²⁾	Aplicabilidade segundo ITEP ⁽³⁾
F-04	SR-L-04	18,83	33,86	1,80	2,65	86,73	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Telhas	Tijolos furados
F-06	SR-L-06	20,20	35,48	1,76	0,41	40,81	Laranja avermelhado moderado (10YR 6/6)	Tijolos tipo C	Tijolos manuais e prensados
F-07	SR-L-07	18,52	32,91	1,78	2,01	202,85	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Telhas	Telhas
F-09	SR-L-09	20,01	35,05	1,75	2,01	149,99	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Tijolos tipo C	Tijolos furados
F-11	SR-L-11	19,05	33,65	1,77	2,11	151,22	Rosa alaranjado moderado (10R 7/4)	Telhas	Telhas
F-15	SR-L-15	20,43	35,85	1,76	3,40	152,34	Rosa alaranjado moderado (10R 7/4)	Tijolos tipo C	Tijolos furados
F-17	SR-L-17	20,18	35,15	1,74	0,11	85,81	Rosa avermelhado moderado (10R 6/6)	Tijolos tipo C	Tijolos furados
F-27	SR-L-27	22,53	37,44	1,66	2,02	155,40	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Tijolos tipo C	Tijolos furados
F-31	SR-L-31	21,31	36,87	1,73	1,69	109,18	Rosa alaranjado moderado (5YR 7/4)	Tijolos tipo C	Tijolos furados
F-33	SR-L-33	19,74	34,62	1,76	1,25	94,48	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Telhas	Tijolos furados
F-36	SR-L-36	23,49	39,03	1,66	1,74	107,24	Laranja avermelhado moderado (10R 6/6)	Tijolos C	Tijolos furados
F-39	SR-L-39	20,97	36,23	1,73	0,73	28,16	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Tijolos tipo B	Tijolos manuais e prensados
F-41	SR-L-41	21,87	37,18	1,70	1,90	102,34	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Tijolos tipo C	Tijolos furados
F-43	SR-L-43	22,81	38,34	1,68	2,66	93,87	Laranja avermelhado moderado (10R 6/6)	Tijolos tipo C	Tijolos furados

⁽¹⁾Cor comparada com a Rock Color Chart – Geological Society of América – New York (1984).

⁽²⁾Associação Brasileira de Normas Técnicas.

⁽³⁾Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco.

TABELA 9.3 – Características tecnológicas das amostras da Fazenda Brasilândia após a queima na temperatura de 950°C (teste específico para tijolos e telhas)

Furo	Amostra	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Reitração Linear (%)	Tensão de Ruptura à Flexão (Kgf/cm ²)	Cor ⁽¹⁾	Aplicabilidade segundo ABNT ⁽²⁾	Aplicabilidade segundo ITEP ⁽³⁾
F-47	SR-L-47	22,01	37,42	1,70	0,62	10,61	Laranja avermelhado moderado (10R 6/6)	Inadequado para cerâmica vermelha	Inadequado para cerâmica vermelha
F-49	SR-L-49	23,25	38,88	1,67	0,84	32,24	Rosa alaranjado moderado (10R 7/4)	Tijolos tipo B	Tijolos manuais e prensados
F-50	SR-L-50	21,36	36,88	1,73	-0,10	24,28	Rosa alaranjado moderado (10R 7/4)	Tijolos tipo A	Tijolos manuais e prensados
F-51	SR-L-51	17,56	32,01	1,82	0,92	8,57	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Inadequado para cerâmica vermelha	Inadequado para cerâmica vermelha
F-53	SR-L-53	19,03	33,30	1,75	0,41	5,20	Laranja avermelhado moderado (10R 6/6)	Inadequado para cerâmica vermelha	Inadequado para cerâmica vermelha
F-56	SR-L-56	23,89	39,55	1,66	1,26	26,42	Rosa alaranjado moderado (10R 7/4)	Tijolos tipo B	Tijolos manuais e prensados
F-59	SR-L-59	21,32	37,47	1,69	0,00	9,28	Rosa alaranjado moderado (10R 6/6)	Inadequado para cerâmica vermelha	Inadequado para cerâmica vermelha
F-61	SR-L-61	19,92	34,80	1,75	-0,72	8,06	Laranja avermelhado moderado (10R 6/6)	Inadequado para cerâmica vermelha	Inadequado para cerâmica vermelha
F-62	SR-L-62	23,73	39,21	1,65	0,73	15,51	Rosa alaranjado moderado (10R 7/4)	Tijolos tipo A	Inadequado para cerâmica vermelha
F-67	SR-L-67	24,35	39,90	1,64	0,84	24,99	Rosa alaranjado moderado (5YR 8/4)	Tijolos tipo A	Tijolos manuais e prensados

⁽¹⁾Cor comparada com a Rock Color Chart – Geological Society of América – New York (1984).

⁽²⁾Associação Brasileira de Normas Técnicas.

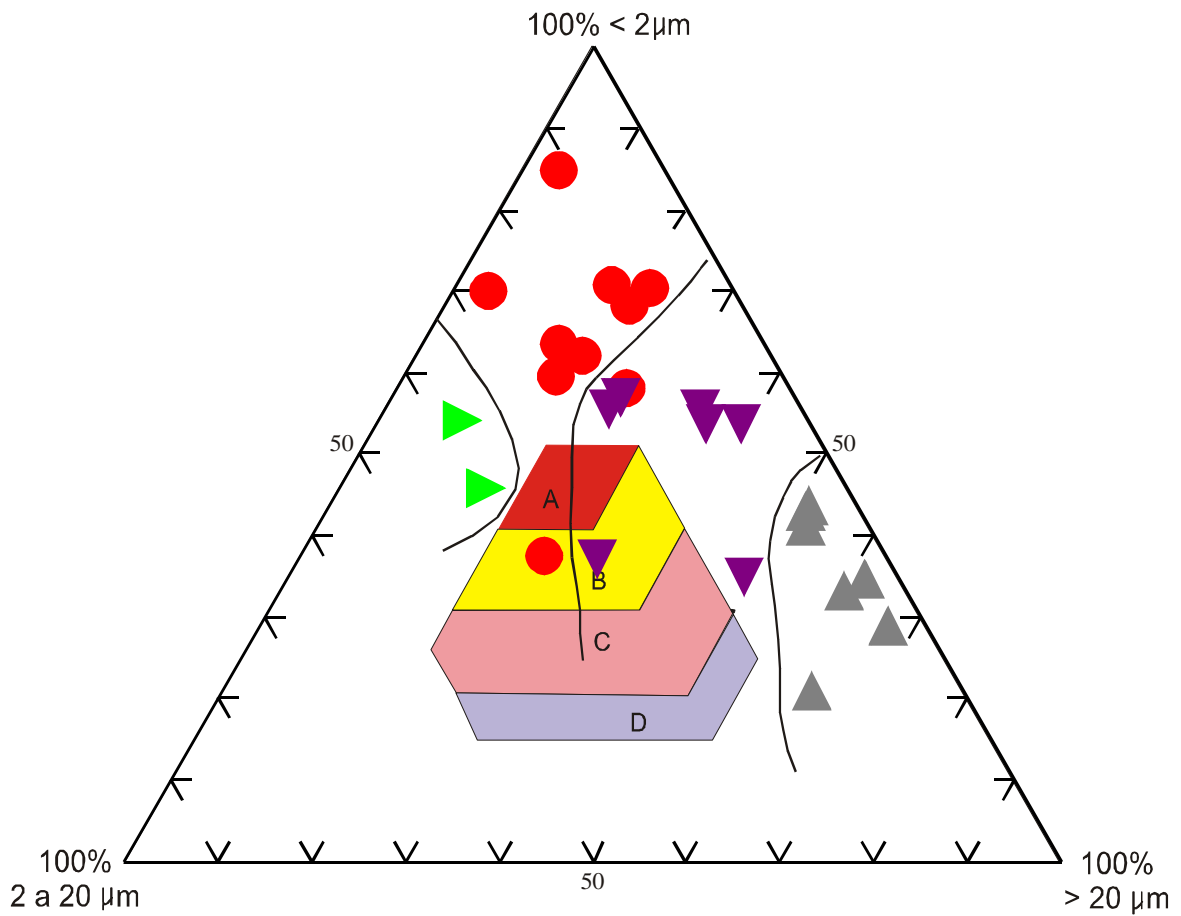
⁽³⁾Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco.

TABELA 9.4 – Características tecnológicas das argilas da aluvião do rio Quitauaú após a queima a 950°C (teste específico para tijolos e telhas)

Amostra	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (Kgf/cm ²)	Cor ⁽¹⁾	Aplicabilidade segundo ABNT ⁽²⁾	Aplicabilidade segundo ITEP ⁽³⁾
SR-L-25	21,19	36,87	1,74	2,34	36,53	Laranja avermelhado moderado (10R 6/6)	Tijolos tipo A e B	Tijolos manuais e prensados
<p>⁽¹⁾Cor comparada com a Rock Color Chart – Geological Society of América – New York (1984).</p> <p>⁽²⁾Associação Brasileira de Normas Técnicas.</p> <p>⁽³⁾Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco.</p>								

TABELA 9.5 – Características tecnológicas das argilas da Formação Boa Vista após a queima a 950°C (teste específico para tijolos e telhas)

Amostra	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (Kgf/cm ²)	Cor ⁽¹⁾	Aplicabilidade segundo ABNT ⁽²⁾	Aplicabilidade segundo ITEP ⁽³⁾
SR-L-01	19,19	33,57	1,75	0,31	9,89	Rosa alaranjado (5YR 8/4)	Inadequada para cerâmica vermelha	Inadequada para cerâmica vermelha
<p>⁽¹⁾Cor comparada com a Rock Color Chart – Geological Society of América – New York (1984).</p> <p>⁽²⁾Associação Brasileira de Normas Técnicas.</p> <p>⁽³⁾Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco.</p>								



PRACIDELLY e MELCHIADES (1997)	■ A	Materiais de qualidade com dificuldade de produção de produtos da cerâmica vermelha
	■ B	Telhas, capas
	■ C	Tijolos furados
	■ D	Tijolos maciços

	Produto da cerâmica vermelha da região de Boa Vista	Composição Granulométrica (%)		
		< 2 µ m	2 a 20 µ m	> 20 µ m
▲	Material inadequado para cerâmica vermelha	20,94 a 43,50	3,57 a 16,20	51,23 a 67,16
▼	Tijolos manuais e prensados	34,94 a 56,98	7,14 a 30,86	23,91 a 48,63
●	Tijolos furados	37,50 a 84,81	8,76 a 36,46	3,90 a 26,04
▶	Telhas	45,77 a 54,08	36,80 a 38,64	9,12 a 15,59

FIGURA 9.1 – Campos otimizados no diagrama granulométrico de Winkler para os produtos da cerâmica vermelha obtidos dos sedimentos argilosos da região de Boa Vista e comparados com aqueles determinados por PRACIDELLI & MELCHIADES (1997)

TABELA 9.6 – Faixas granulométricas versus produtos obtidos nos testes tecnológicos específicos para tijolos e telhas das argilas da Fazenda Santa Cecília, Fazenda Brasilândia, aluvião do rio Quitauaú e das grauvas da Formação Boa Vista

Localização	Furo	Amostra	Faixas Granulométricas			Aplicabilidade segundo ITEP*
			< 2 μm (%)	2 a 20 μm (%)	> 20 μm (%)	
Fazenda Santa Cecília	F-04	SR-L-04	58,20	17,16	24,64	Tijolos furados
	F-06	SR-L-06	37,33	30,86	31,81	Tijolos manuais e prensados
	F-07	SR-L-07	54,08	36,80	9,12	Telhas
	F-09	SR-L-09	63,51	21,87	14,62	Tijolos furados
	F-11	SR-L-11	45,77	38,64	15,59	Telhas
	F-15	SR-L-15	37,50	36,46	26,04	Tijolos furados
	F-17	SR-L-17	61,95	20,09	17,96	Tijolos furados
	F-27	SR-L-27	70,17	25,93	3,90	Tijolos furados
	F-31	SR-L-31	59,76	24,11	16,13	Tijolos furados
	F-33	SR-L-33	68,12	11,96	19,92	Tijolos furados
	F-36	SR-L-36	70,92	12,57	16,51	Tijolos furados
	F-39	SR-L-39	55,55	20,54	23,91	Tijolos manuais e prensados
	F-41	SR-L-41	70,46	8,76	20,78	Tijolos furados
Fazenda Brasilândia	F-43	SR-L-43	84,81	11,18	4,01	Tijolos furados
	F-47	SR-L-47	43,11	5,66	51,23	Inadequada para cerâmica vermelha
	F-49	SR-L-49	53,63	11,17	35,20	Tijolos manuais e prensados
	F-50	SR-L-50	34,94	16,43	48,63	Tijolos manuais e prensados
	F-51	SR-L-51	28,87	3,97	67,16	Inadequada para cerâmica vermelha
	F-53	SR-L-53	34,75	3,57	61,68	Inadequada para cerâmica vermelha
	F-56	SR-L-56	55,53	10,89	33,58	Tijolos manuais e prensados
	F-59	SR-L-59	43,50	5,23	51,27	Inadequada para cerâmica vermelha
	F-61	SR-L-61	33,10	6,82	60,08	Inadequada para cerâmica vermelha
	F-62	SR-L-62	40,97	6,74	52,29	Inadequada para cerâmica vermelha
	F-67	SR-L-67	53,91	7,14	38,95	Tijolos manuais e prensados
Aluvião do rio Quitauaú	F-25	SR-L-25	56,98	18,48	24,54	Tijolos manuais e prensados
Formação Boa Vista	F-01	SR-L-01	20,94	16,20	62,86	Inadequada para cerâmica vermelha

* Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco

TABELA 9.7 - Quimismo versus produtos obtidos nos testes específicos para tijolos e telhas das argilas da Fazenda Santa Cecília, Fazenda Brasilândia, aluvião do rio Quitauaú e das gravacas da Formação Boa Vista

Local	Furo	Amostra	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ / (K ₂ O+Na ₂ O+CaO+MgO)	Aplicabilidade segundo ITEP(*)
Fazenda Santa Cecília	F-04	SR-L-04	58,40	23,30	4,10	1,00	<0,05	<0,05	0,19	2,50	3,17	F
	F-06	SR-L-06	63,80	20,20	4,30	1,40	<0,05	<0,05	0,22	3,15	2,50	M
	F-07	SR-L-07	57,50	24,00	4,50	1,70	<0,05	<0,05	0,35	2,39	2,09	T
	F-09	SR-L-09	60,30	22,60	4,00	0,84	<0,05	<0,05	0,33	2,67	3,15	F
	F-11	SR-L-11	61,90	21,00	4,10	1,50	0,20	<0,05	0,32	2,94	1,98	T
	F-15	SR-L-15	59,70	22,10	5,00	1,60	<0,05	<0,05	0,42	2,70	2,35	F
	F-17	SR-L-17	57,20	24,20	4,40	1,10	0,11	<0,05	0,30	2,36	2,82	F
	F-27	SR-L-27	53,90	26,40	3,60	1,50	0,08	<0,05	0,25	2,04	1,91	F
	F-31	SR-L-31	54,74	26,40	4,50	1,50	<0,05	<0,05	0,31	2,07	2,35	F
	F-33	SR-L-33	58,70	23,40	3,60	0,80	<0,05	<0,05	0,24	2,50	3,15	F
	F-36	SR-L-36	54,50	26,30	4,00	1,10	<0,05	<0,05	0,29	2,07	2,68	F
	F-39	SR-L-39	58,10	23,80	4,30	1,40	<0,05	<0,05	0,35	2,44	2,32	M
	F-41	SR-L-41	53,70	25,00	3,70	0,92	<0,05	<0,05	0,19	2,15	3,05	F
F-43	SR-L-43	47,70	25,70	4,70	1,20	<0,05	<0,05	0,26	1,85	3,01	F	
Fazenda Brasilândia	F-47	SR-L-47	59,60	22,70	4,30	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	2,62	12,28	I
	F-49	SR-L-49	59,30	21,50	3,90	0,45	0,16	<0,05	<0,05	2,76	5,49	M
	F-50	SR-L-50	62,50	21,00	4,10	0,36	<0,05	<0,05	<0,05	2,97	8,03	M
	F-51	SR-L-51	69,30	17,50	2,80	0,29	<0,05	<0,05	<0,05	3,96	6,36	I
	F-53	SR-L-53	64,20	18,60	5,80	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	3,45	13,80	I
	F-56	SR-L-56	51,10	25,50	4,00	0,44	0,70	<0,05	0,11	2,00	3,07	M
	F-59	SR-L-59	59,80	23,50	3,20	0,37	<0,05	<0,05	<0,07	2,54	6,15	I
	F-61	SR-L-61	64,20	21,00	2,90	0,32	0,17	<0,05	<0,05	3,05	4,91	I
	F-62	SR-L-62	60,30	23,00	3,40	0,30	<0,05	<0,05	<0,05	2,62	7,55	I
F-67	SR-L-67	54,70	25,50	3,40	0,32	0,07	<0,05	0,06	2,14	6,80	M	
Aluvião Rio Quitauaú	F-25	SR-L-25	55,60	24,40	4,90	1,10	0,15	<0,05	0,20	2,27	3,26	M
Formação Boa Vista	F-01	SR-L-01	66,20	20,90	2,10	0,45	<0,05	<0,05	<0,05	3,16	3,50	I

(*) – Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco
M - Tijolos Manuais e prensados
F - Tijolos Furados
T - Telhas
I - Material Inadequado para cerâmica vermelha

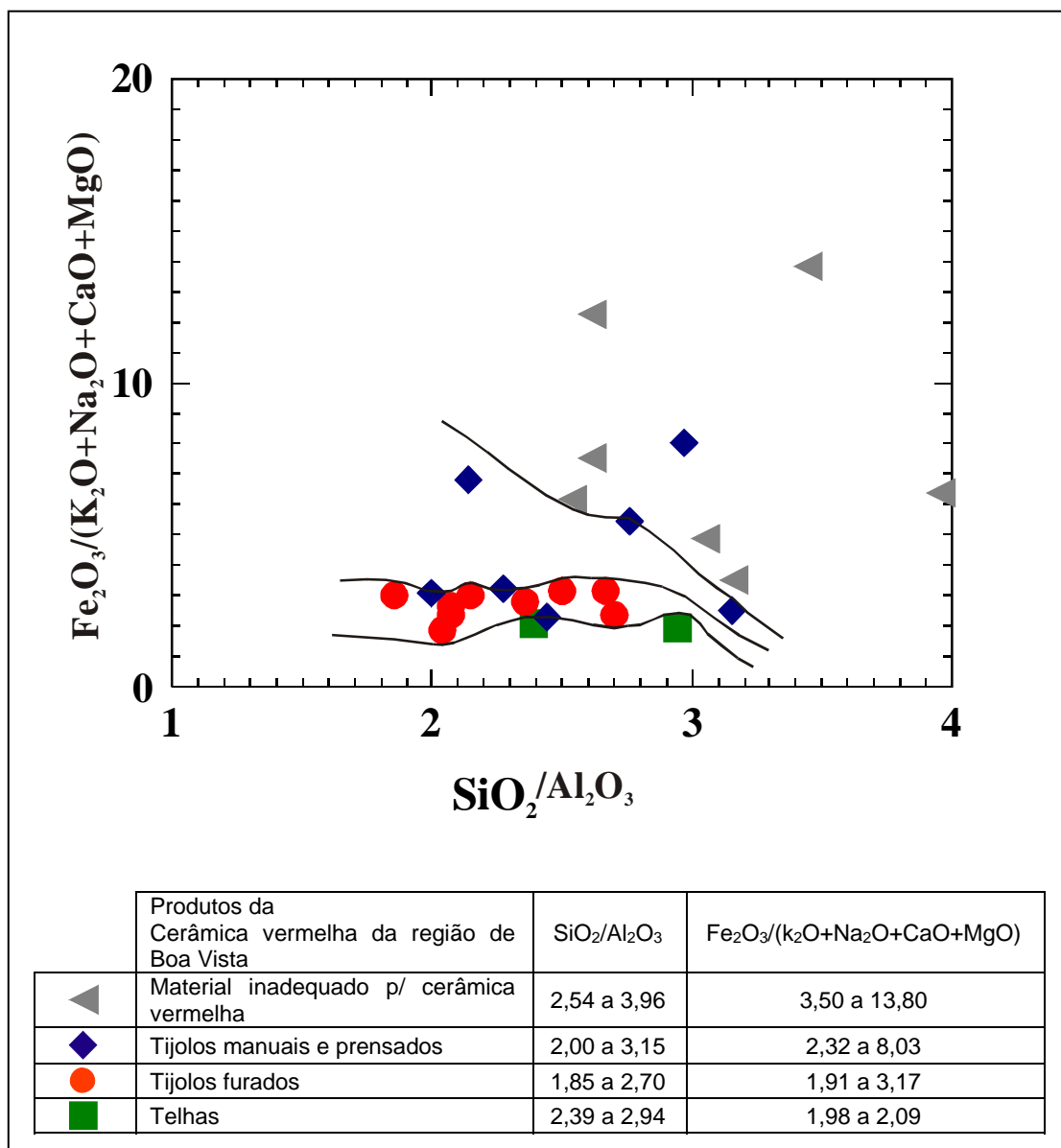


FIGURA 9.2 – Quimismo versus produtos da cerâmica vermelha obtidos nos testes específicos para tijolos e telhas nos sedimentos argilosos da região de Boa Vista

10. CONCLUSÕES

10.1 DEPÓSITO DA FAZENDA SANTA CECÍLIA

- Cauliniita é o argilomineral que predominam no depósito, seguido de illita. Muito secundariamente ocorre argilomineral expansivo não identificado. Associado aos argilominerais observa-se um predomínio de quartzo e secundariamente de clorita, goethita, muscovita, rutilo, turmalina, zircão, ilmenita, magnetita, monazita, calcita, plagioclásio e fragmentos de crosta ferruginosa, granito, metachert, grauvaca, arenito, quartzito e de rochas carbonáticas.
- A fração argila (58,06%) predomina sobre a fração siltica (27,28%) e a arenosa (14,66%). Quimicamente o depósito está caracterizado pelo predomínio de SiO₂ (57,85%) e Al₂O₃ (23,40%), seguidos de Fe₂O₃ (4,20%), K₂O (1,27%), TiO₂ (0,91%), MgO (0,28%) e onde o K₂O>MgO>Na₂O>CaO. Dentre os elementos traços os que mais se destacam são: B (20 ppm – 54 ppm), Pb (12 ppm – 18 ppm), As (2 ppm – 3 ppm), Ba (107 ppm – 214 ppm), V (28 ppm – 46 ppm), Y (15 ppm – 20 ppm), Cr (11 ppm – 23 ppm), Zn (7 ppm – 17 ppm) e Cu (5 ppm – 13 ppm).
- Os elementos traços dão indicação que os sedimentos argilosos da Fazenda Santa Cecília tem origem ligada à degradação das rochas do Grupo Cauarane, Granitos tipo S, Suite Metamórfica Rio Urubu, Grupo Surumu, Complexo Vulcânico Apoteri e grauvacas da Formação Boa Vista.
- A sondagem efetuada na Fazenda Santa Cecília revelou ser o pacote de argila aflorante e contínuo, apresentando reserva medida de 15.500.375 m³ de minério, com espessura média de 2,95 metros, que totaliza uma superfície de 524,6875 hectares localizada fora da faixa de preservação ambiental (RIKER, 2002).
- Os perfis litológicos estudados e o mapa geológico (**FIGURA 6.3**) indicam que a região da Fazenda Santa Cecília faz parte de um sistema fluvial meandrante maturo. Caracteriza-se por formar inicialmente depósitos de canal ou barras de meandros, os quais são representados pelas areias e argilas arenosas da base da sequência deposicional. Esse sistema evolui para depósito de planície de inundação, onde a carga de suspensão constituída por expressiva quantidade de argila se depositou sobre as areias. Tais depósitos estão de acordo com aqueles do quaternário classificados por SUGUIO (1980).
- As cores escuras (rosa alaranjado, laranja amarelado, laranja acinzentado e marron) apresentadas nos testes tecnológicos após a queima a 1250⁰C, inviabilizam o uso das argilas desse depósito na indústria da cerâmica branca. No entanto, as características cerâmicas apresentadas após a queima a 950⁰C, onde a absorção de água é relativamente baixa (18,52% - 23,49%) e a tensão de ruptura à flexão é alta (28,16 kgf/cm² – 202,85 kgf/cm²), permite classificar esse depósito como de melhor

qualificação para a indústria de cerâmica vermelha (fabricação de tijolos e telhas) do que as argilas da Fazenda Brasilândia e da aluvião do rio Quitauaú que se prestam apenas para o fabrico de tijolos. É de melhor qualificação também que as argilas situadas na margem direita do rio Branco a mais ou menos 10 km a jusante que, segundo REIS et al. (2002), apresentam absorção de água em geral muito alta (22,13% - 28,53%), tensão de ruptura à flexão menos elevada (43,25 kgf/cm² – 91,59 kgf/cm²) e onde aplicabilidade se dá apenas no fabrico de tijolos.

10.2 DEPÓSITO DA FAZENDA BRASILÂNDIA

- Caulinita é o argilomineral que predomina no depósito, sendo seguido de illita. Muito secundariamente ocorre argilomineral expansivo não identificado. Em associação, verifica-se um predomínio de quartzo e secundariamente de clorita, goethita, apatita, muscovita, rutilo, sericita, zircão, carbonato, ilmenita, magnetita, granada, plagioclásio e fragmentos de quartzito e de crosta ferruginosa.
- No depósito a fração arenosa (45,09%) predomina sobre as frações argila (42,24%) e síltica (12,67%). Quimicamente o depósito está caracterizado pelo predomínio de SiO₂ (60,50%) e Al₂O₃ (21,98%), seguidos de Fe₂O₃ (3,78%), TiO₂ (1,34%), K₂O (0,33%) e onde o K₂O > Na₂O > CaO. Dentre os elementos traços os que mais se destacam são: B (16 ppm – 57 ppm), V (34 ppm – 71 ppm), Ba (15 ppm – 64 ppm), Cr (13 ppm – 25 ppm), Sc (6 ppm – 10 ppm), Pb (5 ppm – 8 ppm), Zn (4 ppm – 12 ppm) e Y (2 ppm – 10 ppm).
- Os elementos traços apontam que os sedimentos argilosos da Fazenda Brasilândia tem origem ligada à degradação das rochas do Grupo Cauarane, Granitos tipo S, Grupo Surumu, Suite Intrusiva Saracura, Complexo Vulcânico Apoteri e das grauvacas da Formação Boa Vista.
- As sondagens na Fazenda Brasilândia permitiram bloquear um depósito com 2.700.000 m³ de argila, o qual apresenta uma espessura média de 3,48 m de minério e abrange uma superfície de 77,5 hectares localizada fora da faixa de preservação ambiental.
- Os perfis litológicos estudados e o mapa geológico (**FIGURA 6.3**) indicam que a região da Fazenda Brasilândia também faz parte de um sistema fluvial meandrante maduro, o qual caracteriza-se por formar depósitos de canal ou barras de meandros representados pelas areias e areias argilosas da base da sequência, que evolui para o topo para planície de inundação.
- Os testes tecnológicos específicos indicam que as argilas da Fazenda Brasilândia estão limitadas, em parte, apenas ao fabrico de tijolos.

10.3 FORMAÇÃO BOA VISTA

- Caulinita é o argilomineral que predomina na Formação Boa Vista, sendo que a illita ocorre de forma muito subordinada. Em associação aos argilominerais verifica-se um predomínio de quartzo e secundariamente de apatita, muscovita, rutilo, turmalina, sericita, ilmenita, magnetita, zircão e de fragmentos de metachert e de crosta ferruginosa.
- Nessa unidade geológica a fração arenosa (65,23%) predomina sobre as frações argila (20,25%) e siltica (14,52%). Quimicamente essa formação está caracterizada pelo predomínio de SiO₂ (71,04%) e moderado teor de Al₂O₃ (17,52%), seguidos de Fe₂O₃ (1,98%), TiO₂ (1,34%) e K₂O (0,19%) e onde os teores de Na₂O, CaO e MgO encontram-se abaixo do limite de detecção. Dentre os elementos traços os que mais se destacam são: B (4 ppm – 23 ppm), V (15 ppm – 48 ppm), Cr (9 ppm – 21 ppm), Zn (3 ppm – 10 ppm) e Sc (2 ppm – 10 ppm).
- Os elementos traços indicam que as grauvas da Formação Boa Vista tem origem ligada à degradação das rochas do Grupo Cauarane, Grupo Surumu e Complexo Vulcânico Apoteri.
- Os perfis estudados dão indicação que a formação Boa Vista corresponde a um leque aluvial médio a distal.
- Os testes tecnológicos específicos indicam que as grauvas intemperizadas da Formação Boa Vista não se prestam para uso na indústria da cerâmica vermelha.

10.4 ARGILAS DERIVADAS DO COMPLEXO VULCÂNICO APOTERI

- Montmorilonita é o argilomineral predominante, sendo seguido de caulinita e illita. Em associação, verifica-se a ocorrência de calcita, quartzo, labradorita, rutilo, calcedônia, ilmenita, magnetita e fragmentos de crosta ferruginosa e de quartzo de veio.
- Nesses sedimentos a fração arenosa (44,55%) é dominante sobre as frações argila (40,21%) e siltica (15,24%). Estão quimicamente caracterizados por apresentarem um predomínio de SiO₂ (55,20%) e Al₂O₃ (12,50%), seguidos de Fe₂O₃ (9,20%), CaO (2,50%), MnO (1,10%), MgO (0,97%), TiO₂ (0,96%), Na₂O (0,37%) e K₂O (0,12%) e onde o CaO>MgO>Na₂O>K₂O. Dentre os elementos traços os que mais se destacam são: Ba (574 ppm), Co (109 ppm), B (77 ppm), V (125 ppm), Cu (46 ppm), Sc (17 ppm), Cr (57 ppm), Ni (33 ppm), Zn (29 ppm) e Y (18 ppm).
- Os estudos de MEV indicam que as esmectitas derivadas do Complexo Vulcânico Apoteri tem origem autigênica, sugestivas de terem sido formadas em ambiente dominado por intemperismo químico não muito severo, onde também o fator “tempo geológico” deve ser levado em consideração, tendo-se em conta que os basaltos dessa unidade são bem jovens (mesozóicos).

10.5 SEDIMENTOS ARGILOSOS DA ALUVIÃO DO RIO QUITAUAUÍ

- Caulinita é o argilomineral presente nos sedimentos da aluvião do rio Quitauauí. Em associação verifica-se um predomínio de quartzo e secundariamente de apatita, muscovita, ilmenita, zircão e de fragmentos de crosta ferruginosa.
- Nos sedimentos argilosos da aluvião do rio Quitauauí, cuja origem está ligada à degradação das rochas da Suite Metamórfica Rio Urubu, a fração argila (56,98%) predomina sobre as frações síltica (26,78%) e arenosa (16,24%). Quimicamente esse depósito está caracterizado pelo predomínio de SiO_2 (55,60%) e Al_2O_3 (24,40%), seguidos de Fe_2O_3 (4,90%), TiO_2 (1,50%) e K_2O (1,10%) e onde o $\text{K}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} > \text{CaO}$. Dentre os elementos traços os que mais se destacam são: B (40 ppm), Pb (12 ppm) e As (2 ppm), seguidos de Ba (83 ppm), V (48 ppm), Zn (17 ppm), Cr (16 ppm), Y (11 ppm), Sc (9 ppm) e Cu (6 ppm).
- A aluvião do rio Quitauauí estudada faz parte de um sistema fluvial meandrante maduro, onde as argilas representam um depósito de planície de inundação.
- Os testes tecnológicos indicam que as argilas da aluvião do rio Quitauauí podem ser empregadas na indústria da cerâmica vermelha no fabrico de tijolos.

10.6 SEDIMENTOS ARGILOSOS DA REGIÃO DE BOA VISTA

- Os estudos de DRX indicam que as caulinitas da Fazenda Santa Cecília, Fazenda Brasilândia, Formação Boa Vista e da aluvião do rio Quitauauí são mal cristalizadas (desordenadas).
- Os estudos de MEV indicam que as caulinitas da Fazenda Santa Cecília, Fazenda Brasilândia, Formação Boa Vista e da aluvião do rio Quitauauí tem origem detrítica e que, muito restritamente, parte daquelas ocorrentes na primeira localidade podem ser neoformadas.
- Os elementos maiores através do diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (**FIGURA 7.62A**), dão indicação que a caulinita é o argilomineral predominante na Fazenda Santa Cecília, Fazenda Brasilândia, Formação Boa Vista e aluvião do rio Quitauauí. Esses indicadores tem sustentação atestada pelas análises de DRX e MEV que mostram que a caulinita é o principal argilomineral ocorrente nessas áreas.
- O caráter variegado presente nas argilas estudadas evidencia uma movimentação vertical e lateral do Fe^{2+} em períodos úmidos e consequente precipitação de óxi-hidróxido de ferro em períodos secos. Isso indica a atuação de um novo ciclo intempérico sobre os sedimentos da região estudada e esse processo é corroborado pelo quimismo apresentado quando empregado o diagrama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ de SHELLMANN (1983), **FIGURA 7.62C**, onde as amostras plotam no campo da “caulinização” e da “fraca lateritização”.

10.7 PALINOLOGIA E DATAÇÃO DO ^{14}C

- Os estudos palinológicos revelam pólenes de idade holocênica nos sedimentos da Fazenda Santa Cecília, caracterizando um ambiente continental que apresenta da base para o topo do depósito dois períodos de clima úmido, alternados por um período de clima seco e encerrando com um clima sub-atual seco/úmido.
- O início da formação da planície de inundação que caracteriza o depósito de argila da Fazenda Santa Cecília se deu a 5.880 ± 70 anos A.P. e a formação desse depósito foi processada a uma taxa deposicional média em torno de 0,55 mm de argila/ano.
- Na aluvião do rio Quitauaú ocorre pólenes de idade holocência, cuja vegetação de savana (cyperaceae) indica um clima sub-atual seco reinante nessa região.
- A ocorrência de clima sub-atual seco/úmido na Fazenda Santa Cecília e seco na aluvião do rio Quitauaú, indica que a sedimentação quaternária da região de Boa Vista ocorreu sob atuação de micro-climas bem distintos.
- A presença de vegetação de savana (cyperaceae) caracterizada na zona superior do furo F-25 (amostra SR-L-25) e, estando agora essa região totalmente coberta por vegetação de floresta ombrófila aluvial ou de floresta aluvial, é um indicativo em favor do avanço da floresta atual sobre a savana no Estado de Roraima.
- A vegetação de savana aberta tipificada na área estudada e sendo em parte correlacionável com aquelas da Guiana, Bogotá, Rondônia, Amazonas e Pará, indica um amplo espectro areal de clima seco que teve sazonalidade durante o Quaternário no Norte da América do Sul.

10.8 GRANULOMETRIA E QUIMISMO VERSUS PRODUTOS DA CERÂMICA VERMELHA

- Os produtos da cerâmica vermelha (tijolos manuais e prensados, tijolos furados e telhas) estão diretamente relacionados com as composições granulométricas das faixas $<2\mu\text{m}$, 2 a $20\mu\text{m}$ e $>20\mu\text{m}$ presentes na matéria prima estudada, conforme campos definidos no diagrama de Winkler (**FIGURA 9.1**), sendo que os campos determinados nas argilas estudadas diferem daqueles apresentados por PRACIDELLY e MELCHIADES (1997).
- Os produtos da cerâmica vermelha estão diretamente relacionados com os teores de sílica, alumina, ferro e álcalis presentes na matéria prima estudada, onde os campos de tijolos manuais e prensados, tijolos furados e telhas são definidos no diagrama binário $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ versus $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO})$, **FIGURA 9.2**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, M.L. **A palynological study of holocene sediments in the amazon basin.** 1979. 86f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de Amsterdam, 1979.

ABSY, M.L.; PRANCE, G.T.; SERVANT, M.; MIRANDA, I.S. Registros palinológicos em sedimentos do Holoceno e vegetação atual em Roraima. In:____. **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima.** Manaus:INPA,1997. p. 463-480.

ABSY, M.L.; SERVANT, M.& LAILA ABSY, M.. Paleoeecologia: A história do clima e da vegetação pelo estudo do pólen. **Ciência Hoje**, [S.I], ano 16, n.93, p. 26-30, 1993.

ADAMS, A.E.; MACKENZIE, W. S.; GUILFORD, C. **Atlas of sedimentary rocks under the microscope.** New York: John Wiley & Sons, 1984.104p.

ALVES, D.B. - Desenvolvimento da metodologia de preparação de amostras para análise difratométrica de argilominerais no centro de pesquisas da PETROBRÁS. **Boletim de geociências da PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v. 1, n.2, p.157-175, 1987.

ALVES, D.B. **Influência dos tratamentos de dispersão de amostras na análise dos argilominerais por difração de raio x. Aplicação nos folhelhos cretáceos do flanco noroeste da Bacia da foz do Amazonas.**1990. 437f.Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7170:** Tijolo mciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7172:** Telha cerâmica tipo francesa. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Considerações gerais sobre cerâmicas.** Disponível em: < http://www.abceram.org.br/asp/abc_5.asp> Acesso em: 06 de mar. 2003.

AZÁROFF, L. V. & BUERGER, M. J. –**The powder method in X-ray crystallography.** New York, McGraw-Hill, 1958. 342p.

BAILEY, S.W. - Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. **American Mineralogist**, [S.I], v.65, p. 1-7, 1980.

BAILEY, S.W. - Summary of Recommendations of AIPEA Nomenclature Committee. **Clays and clay minerals**, [S.I], v.28, n.1, p.73-78, 1980.

BAILEY, S.W. - Hydrous Phyllosilicates (exclusive of micas). **Mineralogical Society of America. Reviews in Mineralogy.** Washington, S.W. Bailey, editor. v. 19, 725p., 1988.

BARBOSA, O.; ANDRADE RAMOS, J.R. DE. Território do Rio Branco: Aspectos principais da geomorfologia, da geologia e das possibilidades minerais de sua zona setentrional. BRASIL. DNPM. DGM. B., Rio de Janeiro, nº 196, 49p. 1959. il.

BERRANGÉ, J.P.; DEARNLEY, R. - The Apoteri Volcanic Formation: Tholeiitic flows in the north Savannas graben of Guyana and Brazil. **Geology Rundschau**, [S.I],band 64, heft 3, p. 883-899,1975. (

BOGG JR., S. **Principles of sedimentology and stratigraphy.** New Jersey: Prenice-Hall,1995. 774p.

BOMFIM, L.F.C.; LIBERATORE, G.; RAMGRAB, G.E.; VIEGAS FILHO, J. DE R.; MANDETTA, P. Projeto Roraima. Ministério das Minas e Energia. Relatório final. Manaus: DNPM/CPRM, v. IA-D e II. 1974.

BOURMAN, R.P. Perennial problems in the study of laterite: a review. **Australian Journal of Earth Science**. [S.l], n.4, p.387-401. 1993.

BOURMAN, R.P., OLLIER, C.D. A critique of the Schellmann definition and classification of "laterite". **Catena**, [S.l], n. 47, p.117-131, 2002.

BRAZIL, I.R. e LIMA, M.P. - Investigação estratigráfica na Bacia do Tacutu, Território Federal de Roraima. Belém: PETROBRÁS/DENOR, 1980. Relatório SIEX 130-2383.

BRINDLEY, G. W. - Problemas sobre mineralogia das argilas. **Cerâmica**, São Paulo, 15, n. 60, p. 268-271. 1969.

BRINDLEY, G.W. – Kaolin, serpentine, and kindred minerals. In:____. **The X-ray identification and crystal structures of clay minerals**. 2. ed. London: Mineralogical Society, 1972. p.51-131.

BRINDLEY, G.W. PEDRO, G. (1972). Report of the AIPEA Nomenclature Committee. AIPEA Newsletter n. 7. In:____. Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. **American Mineralogist**, [S.l], v. 65, p.1-7.1980.

CARNEIRO FILHO, A. **Contribution of the study of the forest savanna mosaic in the area of Roraima, northern Amazon basin**. 1991. 116f. Tese (Doutorado em Earth Sciences) – International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Netherlands, 1991.

CARNEIRO, R.G.; ANDRADE, F.G.; SILVA, G.O.P. Reconhecimento geológico no Território Federal de Roraima; Gráben do Tacutu. Belém: PETROBRÁS, 1968. Relatório interno nº 122.

CARROLL, D. Clay Minerals: A guide to their X-ray identification. **Geology Society of America**, Colorado, 126p, 1970.

COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL. **Catálogo de matérias-primas cerâmicas da Bahia**. Salvador: CBPM/IPT, 2003, 95p., il. Color.

COSTA, J.B.S.; PINHEIRO, R.V.L.; REIS, N.J.; PESSOA, M.R.; PINHEIRO, S.S. O Hemigraben do Tacutu, uma estrutura controlada pela geometria do Cinturão de Cisalhamento Guiana Central. **Geociências**, São Paulo, v.10, p. 119-130, 1991.

COSTA, M.L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 21, n.2, p.146- 160, jun.1991.

DANA, James.D. **Manual de mineralogia**. Rio de Janeiro: Universidade de São Paulo, 1969.

EIRAS, J.F.; KINOSHITA, E.M. Evidências de movimentos transcorrentes na Bacia do Tacutu. Seminário sobre rifts continentais. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/DEPEX, 1987. p. 107-139.

EIRAS, J.F.; KINOSHITA, E.M. Geologia e perspectivas petrolíferas na Bacia do Tacutu. De Raja Gabaglia, G.P e Milani, E.J. (Coords.). *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1990, p.197-220.

FIGUEIREDO, E.S. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. Folhas NA.20-X-D/NA.21-V-C, Boa Vista/Rio Tacutu, escala 1:250.000. Relatório final. Manaus: DNPM/CPRM, 1983. 1v.

FORMOSO, M.L.L. – Difractometria de raios X. In: GOMES, C.B. **Técnicas Analíticas Instrumentais Aplicadas à Geologia**. São Paulo, Pró-minério & Ed. Edgar Blucher, 1984. p. 2-43.

FRAGA, L.M.B. **A associação Anortosito-Mangerito-Granito rapakivi (AMG) do Cinturão Guiana Central, Roraima, e suas encaixantes paleoproterozóicas: Evolução estrutural, geocronologia e petrologia**. 2002. 350f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

FRAGA, L.M.B.; ALMEIDA, M.E.; MACAMBIRA, M.J.B. First lead-zircon ages of charnockitic rocks from Central Guiana Belt (CGB) in the State of Roraima, Brazil. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 1997, Campos do Jordão. **Resumo**.... Campos do Jordão: [S.N], 1997. p. 115-117.

FRAGA, L.M.B.; ALMEIDA, M.E.; MACAMBIRA, M.J.B. First lead-zircon ages of charnockitic rocks from Central Guiana Belt (CGB) in the State of Roraima, Brazil. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 1997, Campos do Jordão. **Resumo**.... Campos do Jordão: [S.N], 1997. p. 115-117.

FRANCISCON, C.H. Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Central do Estado de Roraima. Tomo III, Volume II.B. Flora. Manaus: CPRM/GOVERNO DE RORAIMA. 2002. 63p.

GAUDETTE, H.E.; OLSZEWSKI JUNIOR, W.J.; MENDOZA, V. U-Pb Zircon ages of the Minicia and Macabana gneisses, Amazonas Territory, Venezuela. In: CONGRESSO GEOLÓGICO VENEZOLANO, 5., 1977, Caracas. **Memorias**...Caracas: Min. Minas Hidroc., 1977. p. 527-536.

GAUDETTE, H.E.; OLSZEWSKI JUNIOR, W.J.; SANTOS, J.O.S. Geochronology of Precambrian rocks from the Northern part of Guiana Shield, State of Roraima, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, [S.I],v. 9, n. 3-4, p. 183-195, 1996.

GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. **Rock Color Chart**. New York: [s.n.], 1984.

GRIM, R.E. Clay Mineralogy. In: Dana, J.D. **Manual de Mineralogia**. Rio de Janeiro: Universidade de São Paulo, 1969. v.2. 642p.

GRIM, R.E. **Applied clay mineralogy**. New York: Mcgraw-Hill Book Company, 1962. 422p.

GRIM, R.E. Propriedades das argilas. **Cerâmica**, São Paulo, v.IX, n.35, p.1-27,1963.

GRIM, R.E. **Clay Mineralogy**. 2.ed.New York: McGraw-Hill Book Company, 1968. 596p.

HAMMEN, T.V. Changes in vegetation and climate in the Amazon Basin and surrounding areas during the Pleistocene. **Geologie en Mijnbouw**, Bogotá, v. 51, n. 6, p. 641 – 643. 1972.

HAMMEN, T.V. The Pliocene and Quaternary of the Sabana de Bogotá (The Tilatá – and Sabana Formation). **Geologie en Mijnbouw**, Bogotá, v.45, p. 102-109.1966.

HARDY, R.; TUCKER, M. X-ray powder diffraction of sediments. In: _____. **Techniques in Sedimentology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988. cap. 7, p.191-228.

HERRON, M.M. Geochemical Classification of Terrigenous Sands and Shales from Core or Log Data. **Journal of Sedimentary Petrology**, Oklahoma, v. 58, n. 5, p. 820 – 829, set. 1988.

KLEIN, C.; HURLBUT JUNIOR. X-ray crystallography. In: DANA, J.D. **Manual of mineralogy**. 21. ed. New York: John Wiley & Sons, 1993, cap. 7, p. 275-288.

KRAUSKOPF, K.B. **Introduction to Geochemistry**. New York: McGRAW-HILL Book Company. 1967. 721p.

LEAL, A.B.M. **Contribuição a petrologia e geoquímica do magmatismo basáltico Mesozóico do Estado de Roraima**. 1997. 137f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo, São Paulo,1997.

LUCAS, J. La transformation des minéreau argileux dans la sédimentation. Études sur les argiles du Trias. Strasbourg, Université de Strasbourg, 1962. 202p. In: Alves, D.B. – **Influência dos tratamentos de dispersão de amostras na análise dos argilominerais por difração de raio X. Aplicação nos folhelhos cretáceos do flanco noroeste da Bacia da foz do Amazonas**. 1990. 437f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

MASON, B. **Principles of Geochemistry**. 3 ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1966. 329p.

MATHIEU, C.; PIELTAIN, F. **Analyse Physique des sols: Méthodes Choisies**. França: Lavoisier Tec & Doc., 1998. 272p.

MELO, A.F.F. de; SANTOS, A.J.; CUNHA, M.T.P.; CAMPOS, M.J.; D'ANTONA, R. de J.G. **Projeto Molibdênio em Roraima**. Relatório Final. Manaus: DNPM/CPRM, 1978. v. 1 A-B.

MILLOT, G. **Geology of Clays: Weathering, sedimentology, geochemistry**. London: Chapman & Hall, 1970. 429p.

MIRANDA, J.V. **Tectonic development of the Takutu Basin, based on Gravity and Aeromagnetic Studies**. 1998. 225f. Tese (Doutorado Earth Science) - Universidade de Leeds. Leeds, 1998.

MONTALVÃO, R.M.G.; PITTHAN, J.H.L. Grupo Cauarane. Belém: DNPM/PROJETO RADAMBRASIL, 1974. 7 p. (Relatório Interno 21-G).

MONTALVÃO, R.M.G.; MUNIZ, M.C.; ISSLER, R.S.; DA'LLAGNOL, R.; LIMA, M.I.C.; FERNANDES, P.E.C.A.; SILVA, G.G. Geologia da folha NA.20-Boa Vista e parte das folhas NA.21-Tumucumaque, NB.20-Roraima E NB.21. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASI. Rio de Janeiro: DNPM, 1975 (Levantamento de Recursos Minerais, 8).

MOORE, D.M.; REYNOLDS JUNIOR, R.C. - **X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals**. New York. Oxford University Press. 1997. 378p.

NAHON, D. - **Introduction to the petrology of soils and chemical weathering**. New York, John Wiley & Sons. 1991. cap. 5-6, 313p.

OLIVEIRA, A.I. de – Bacia do Rio Branco. Estado do Amazonas. BRASIL. DNPM. SGM., B., Rio de Janeiro n. 37. 71p., 1929.

PAIVA, G. de – Alto Rio Branco. BRASIL. DNPM. SGM. B., Rio de Janeiro n. 99, 44p., 1939. il.

PETTIJOHN, F.J.; POTTER, P.E.; SIEVER, R. **Sand and Sandstone**. New York-Heidelberg-Berlin: Springer-Verlag, 1973. 618p.

PETRUCCI, E.G.R. **Materiais de Construção**. São Paulo: Globo, 1995. 435p.

PORTO, C.G. – Intemperismo em regiões tropicais. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 25-57.

PRACIDELLI, S.; MELCHIADES, F.G. Importância da composição granulométrica de massas para a cerâmica vermelha. **Cerâmica Industrial**, [S.l.], ano 2, n. 01-02, p. 31-35, 1997.

PROJETO RORAIMA CENTRAL. Folhas NA.20-X-B e NA.20-X-D (inteiras); NA.20-X-A, NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-V-C (parciais). Escala 1:500.000. Ministério de Minas e Energia. CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Brasília, 2000. 165 p.

RAMGRAB, G.E.; BOMFIM, L.F.C.; MANDETTA, P. - Projeto Roraima, 2ª fase. Relatório final. Manaus: DNPM/CPRM, 1972. 38 p.

RAMGRAB, G.E. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, folha NA.20 –Boa Vista, 1:1.000.000. Manaus: DNPM/CPRM, 1984. 1 v.

RANKAMA, K.; SAHAMA, T.G. **Geochemistry**. Chicago: The University of Chicago Press, 1968. 912p.

REIS, N.J. & FRAGA, L.M.B. Geologic and Tectonic Framework of Roraima State – Guiana Shield. In: GEOLOGIC. CONGRESS, 31, 2000, Rio de Janeiro. **Expanded Abstract...** Rio de Janeiro: SBG, 2000.

REIS, N.J.; NUNES, N.S.V.; PINHEIRO, S.S. A cobertura Mesozóica do Hemigráben Tacutu – Estado de Roraima. Uma abordagem ao Paleo-ambiente da Formação Serra do Tucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Camboriú. **Anais...** Camboriú: SBG, 1994. v.3, p.234-235.

REIS, N.J.; FARIA, M.S.G. de.; AGUIAR, C.J.B. Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Central do Estado de Roraima. Tomo III – Volume 1.A - Geologia e Recursos Minerais. Manaus: CPRM/Governo de Roraima, 2002. 90 p. c/anexos.

RIKER, S.R.L.; ARAÚJO, R.V. Suite Intrusiva Mucajá: Precursora de especialização estanífera no Estado de Roraima – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1996. v.3, p. 341-343.

RIKER, S.R.L. Projeto Insumos Minerais para Agricultura em Roraima – PIMA/RR. Manaus: CPRM, 1997. 8p. il.

RIKER, S.R.L. Pesquisa de Argila para Cerâmica Vermelha em Boa Vista – RR. Manaus: CPRM/Governo de Roraima, 2002. 12 p. il.

RIKER, S.R.L.; HORBE, A.M.C. Depósito de argila da Fazenda Santa Cecília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, 2004, Araxá-MG. **Anais...** Araxá-MG: SBG, 2004. 1 CD-ROM.

SANT'AGOSTINO, L.M.;KAHN, H. - Metodologia para caracterização tecnológica de matérias primas minerais. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. São Paulo, 29p.,1997.

SANTOS, J.O.S.; OLSZEWSKI, W. Idade dos granulitos tipo Kanuku em Roraima. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7., 1988, Belém. **Anais...**Belém: SBG/DNPM, 1988. p. 378 –388.

SANTOS, J.O.S.; HARTMAN, L.A.; GAUDETTE, H.E.; GROVES, D.I.; MCNAUGTON, N.J.; FLETCHER, I.R. A New Understanding of the Provinces of the Amazon Craton Based on Integration of Field Mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. **Gondwana Reseach**, [S.I], v. 3, n.4, p. 453-488, 2000.

SANTOS, P.S. **Tecnologia de argilas aplicada às argilas brasileiras**. São Paulo, Edgar Blucher/USP, v. 1-2. 1975.

SANTOS, P.S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. 2. ed. ver.amp. São Paulo: Edgar Blucher. v. 1, 1989.

SANTOS, P. S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 2ª edição revisada e ampliada. v. 2-3. 1992.

SCHELLMANN, W. A new definition of laterite. **Nat. Resour.** [S.I], dev.18,. p. 7-21. 1983.

SERRUYA, N.M.; MOURÃO, P. Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Central do Estado de Roraima. Tomo III. Volume II.A. Cobertura Vegetal e Áreas Alteradas. CPRM/GOVERNO DE RORAIMA. Manaus, 2002. 22p. c/anexos.

SILVA, E.L.S. **Inventário preliminar das espécies arbóreas das florestas dos arredores de Boa Vista (Roraima) – uma abordagem fitossociológica**. 1993. 194f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1993.

SILVA NETO, C.S.; REZENDE, N.G.A.M. Características das argilas utilizadas na cerâmica vermelha em Santarém. Belém: CPRM, 1997. 9p. Relatório técnico.

SUGUIO, K. - **Rochas Sedimentares: Propriedades, gênese, importância econômica**. São Paulo: Edgar Blucher, 1980, 500p.

TASSINARI, C.C.G. **O Mapa Geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: Revisão dos Dados Isotópicos**. 1996. 139f.Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo,1996.

TASSINARI, C.C.G.; MACAMBIRA, M.J.B. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. **Episodes - Journal of International Geoscience**. [S.I], v.22, n. 3, p. 174-182, set. 1999.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.; FAIRCHILD, T.; TAIOLI, F. – **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000. 557 p.

TRUCKENBRODT, W. **Introdução ao Estudo de Argilominerais e a Importância do Clima na Formação Destes Minerais em Solos e Sedimentos.** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, mai. 2004. 30p. Apostila.

TUCKER, M. **Techniques in Sedimentology.** Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988, 394p.

VELDE, B. **Introduction to clay minerals: Chemistry, origins, uses and environmental significance.** London: Chapman e Hall, 1992, 198p.

VELOSO, H.P.; FILHO, L.G.; LEITE, S.L.G.; SILVA, S.B.; FERREIRA, H.C.; LOUREIRO, R.L.; TERESO, E.F.M. PROJETO RADAMBRASIL. Folha NA-20 Boa Vista e parte das Folhas NA-21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21. Vegetação. Rio de Janeiro, 1975. v.8. p. 307 – 426.

WELTON, J.E. - **SEM Petrology Atlas.** Oklahoma: American Association of Petroleum Geologists, 1984, 237p.

WENTWORTH, C.K. (1922) - A scale of grade and class terms for clastic sediments. In: SUGUIO, K. **Rochas Sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica.** São Paulo: Edgar Blucher, 1980. 500p.

WIJMSTRA, T.A.; HAMMEN, T. Palynological Data on the History of Tropical Savannas in Northern South America. *Leidse Geol. Meded.*, 38: 71-83. 1966.