



**CRITÉRIOS DE PROSPECÇÃO DE BENTONITA ASSOCIADA À FORMAÇÃO
RIO DO RASTO NA REGIÃO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Porto Alegre, 2011

GABRIEL KOLBE TEIXEIRA

**CRITÉRIOS DE PROSPECÇÃO DE BENTONITA ASSOCIADA À FORMAÇÃO
RIO DO RASTO NA REGIÃO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia

Orientadores:

Prof. Dr. Norberto Dani

Prof. Dr. Milton Luiz Laquintinie Formoso

Porto Alegre, 2011

Teixeira, Gabriel Kolbe

Critérios de prospecção de bentonita associada à formação
Rio Do Rasto na região sudoeste do Rio Grande do Sul. /
Gabriel Kolbe Teixeira - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2011.
[82 f]. il.

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. -
Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de
Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2011.

Orientação: Prof. Dr. Norberto Dani

Prof. Dr. Milton Luiz Laquintinie Formoso

1. Bentonita. 2. Formação Rio do Rasto. 3. Difractometria de
Raios X. 4. Espectroscopia de Infravermelho. 5. Prospecção
mineral. I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Renata Cristina Grün CRB 10/1113

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “**CRITÉRIOS DE PROSPECÇÃO DE BENTONITA ASSOCIADA À FORMAÇÃO RIO DO RASTO NA REGIÃO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL**”, elaborado por “**GABRIEL KOLBE TEIXEIRA**”, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. André Sampaio Mexias

Prof. Dr. Rommulo Vieira Conceição

AGRADECIMENTOS

Durante todos estes meses de trabalho, muitas pessoas passaram pela minha vida e me ajudaram, mesmo sem saber. Por isso, não posso deixar de agradecê-las por todo o precioso tempo que essas pessoas perderam comigo.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais por todo o apoio e confiança que depositaram em mim, não somente durante todo curso de geologia, mas desde que nasci. Agradeço, principalmente, aos amigos Henrique Condotta, Matheus Steffen e Guilherme Schaefer por todos os momentos de descontração e bate papos que nunca serão relevantes pra a humanidade, mas nem por isso deixam de ser mais importantes. Não posso me esquecer de agradecer também ao meu primo Adriano Kolbe, que, mesmo se não fizesse parte de minha família, seria um de meus melhores amigos.

Aos amigos e colegas da bolsa de iniciação científica, Luiz Gustavo Rasera, Thamy Lara de Souza e Ana Paula Oliveira Dani, meus agradecimentos por tornarem todas as tarefas muito mais divertidas do que realmente eram. Gostaria de agradecer também aos técnicos de laboratório Edgar e Natalia, por deixarem de fazer seus próprios trabalhos para me ajudarem sempre que era necessário (e pelas longas e interessantes conversas também).

Quero agradecer também aos amigos e colegas de curso Julia Gezzat, Natalia Buckowski, Saulo Borsatto e Jaques Schmidt por todos os momentos engraçados e/ou filosóficos antes, durante e depois de cada aula.

Professor Norberto Dani, agradeço por tudo que me ensinou e por todo empenho e ajuda prestada durante todos esses anos. Saiba que levarei para toda a vida o aprendizado que tive em sua companhia.

Lari, seriam necessários diversos parágrafos para agradecer por todas as vezes que ficou ao meu lado quando eu precisei, por toda a ajuda que prestou, por todas as palavras de conforto que disse e por todos os momentos de felicidade que me proporcionou. Dessa maneira, optei por agradecer da maneira que mais expressa meus sentimentos: amo-te.

RESUMO

A Formação Yaguari, no Uruguai, e sua equivalente, a Formação Rio do Rasto, no Rio Grande do Sul, apresentam ocorrências de bentonitas, que são rochas com elevada potencialidade de aproveitamento econômico. Essas rochas são constituídas predominantemente por argilominerais do grupo das esmectitas, cuja gênese é condicionada pela alteração de cinzas vulcânicas. O projeto tem como objetivo estabelecer critérios para a seleção de áreas com potencial para prospecção da bentonita, tendo como principal base de estudos os fatores de natureza geotectônica, estratigráficos, paleoambientais e estruturais das regiões a sudoeste do Brasil. As metodologias aplicadas para a realização destes estudos – baseadas na amostragem a partir de afloramentos e de furos de sondagens com posterior descrição e estudos mineralógicos e químicos através de técnicas de difratometria de raios X, espectroscopia de infravermelho (FTIR) e análise química – permitiram caracterizar a bentonita no contexto mineralógico e geoquímico. Integrando os dados obtidos durante a expedição de campo com os resultados obtidos por meio das técnicas de análise química, difratometria e espectroscopia de infravermelho, estabelece-se que a esmectita que constitui a bentonita da Formação Rio do Rasto é uma Al-montmorilonita com baixíssimo conteúdo em Fe_2O_3 e com Ca dominante na posição interfoliar. Por meio de técnicas de sensoriamento remoto, a área de estudo foi dividida em seis grandes unidades morfoestruturais, indicando suas principais características e relacionando os tipos de solos presentes em cada uma dessas unidades com os afloramentos visitados durante a expedição de campo, além da realização de um levantamento dos lineamentos observados na região, indicando os melhores pontos para a prospecção da bentonita.

Palavras-Chave: Bentonita. Formação Rio do Rasto. Difratometria de Raios X. Espectroscopia de Infravermelho. Prospecção mineral.

ABSTRACT

The Yaguari Formation, in Uruguay, and its counterpart, the Rio do Rasto Formation in Rio Grande do Sul, have occurrences of bentonites, that are rocks with high potential for economic use. These rocks are composed predominantly of clay minerals of the smectite group, whose genesis is conditioned by the alteration of volcanic ash. The project aims to establish criteria for the selection of areas with potential for mining of bentonite, the main basis of studies of geotectonic, stratigraphic, paleoenvironmental and structural nature factors of regions of southwestern Brazil. The methodologies for these studies - based on sampling from outcrops and drilling holes with subsequent description and mineralogical and chemical studies by techniques of X-ray diffraction, infrared spectroscopy (FTIR) and chemical analysis - used to characterize bentonite in the mineralogical and geochemical context. Combining the data obtained during a field expedition to the results obtained by the techniques of chemical analysis, diffraction and infrared spectroscopy establishes that the smectite of the bentonite from Rio do Rasto formation is an Al-montmorillonite rich in SiO₂ with low Fe₂O₃ content and Ca dominant in the interleaved position. Through remote sensing techniques, the study area was divided into six major morphotectonic units, indicating its main characteristics and listing the types of soils present in each of these units, relating it with the outcrops visited during the field expedition, in addition to conducting a survey of the lineaments observed in the region, showing the best spots for mining of bentonite.

Keywords: Bentonite. Rio do Rasto Formation. X-ray diffraction. Infrared Spectroscopy. Mineral Prospecting.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Localização da bentonita em Bañado de Medina, próximo da região de Melo, no Uruguai e no município de Aceguá, próximo a divisa do Rio Grande do Sul com o Uruguai.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2. Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná, seg. Schneider et al (1974), adaptada por Aboarrage & Lopes (1986).</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Mapa representando os diferentes tipos de solos existentes no Rio Grande do Sul (Fonte: EMATER/DIT- UFRGS/DEP. SOLOS. Elaboração: SCP/DEPLAN - 05/2005).</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4. Imagem modificada de Pearson Prentice Hall, Inc. mostrando os horizontes de classificação dos solos.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5. Mapa geológico e de localização dos Campos A e B na região de Bañado de Medina – Uruguai, adaptado de Gomez et al. (1980) e Bossi et al. (1998).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6. Fluxograma do projeto.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7. Imagem obtida por meio do software Google Earth® mostrando os pontos visitados durante a expedição de campo.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8. Visão Geral do afloramento 001 onde é possível observar a inclinação das camadas.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9. Intercalação de camadas de arenitos e siltitos encontradas no afloramento 001.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Estruturas de marcas de ondas encontradas no afloramento 001.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11. Visão geral do afloramento 002, onde observa-se a mudança gradual de coloração.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12. Detalhe do folhelho cinza e a transição de camadas de cores diferentes no afloramento 002.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13. Visão geral do afloramento 003 mostrando os níveis carbonáticos.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 14. Detalhe de uma concreção carbonática encontrada no afloramento 003.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15. Croqui representando as principais estruturas do afloramento 003.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16. Visão Geral do afloramento 004, onde se pode observar uma maior horizontalidade das camadas.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17. Croqui representando as principais estruturas encontradas no afloramento 004.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 18. Visão geral do afloramento 007.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19. Folhelho cinza predominante do afloramento 007 apresentando fratura conchoidal.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20. Concreções de carbonato encontradas no afloramento 007.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 21. Visão geral do afloramento 008, onde predominam os folhelhos escuros.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 22. Visão geral do afloramento 011 onde é possível observar a predominância dos folhelhos escuros.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 23. Visão geral do afloramento 012 onde predominam os arenitos avermelhados.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 24. Croqui representando as principais estruturas do afloramento 012.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 25. Visão geral do afloramento 014 mostrando a predominância dos folhelhos avermelhados.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 26. Visão geral do afloramento 015, dando ênfase ao local onde se encontra a lente de bentonita. .</i>	<i>40</i>
<i>Figura 27. Visão geral do afloramento 015, onde é possível observar suas diversas camadas.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 28. Visão geral do afloramento 015 no lado onde predominam os arenitos.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 29. Detalhe da camada de bentonita (cor rosada) entre camadas de folhelhos avermelhados do afloramento 015.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 30. Visão Geral do afloramento 015 no lado onde predominam os folhelhos.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 31. Camada de calcário que se intercala com a camada de arenito fino no afloramento 015.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 32. Visão geral do afloramento 017 mostrando o folhelho cinza e a camada de solo.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 33. Camadas siltosas intercaladas presentes no afloramento 018.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 34. Desenho esquemático das interações do feixe de raios X com os átomos dos elementos químicos.</i>	<i>47</i>

<i>Figura 35. Difratorômetro de raios X (Laboratório de Difração de raios X - UFRGS).....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 36. Difratoograma de rocha total das amostras obtido pelo método de análise pó.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 37. Difratoogramas das amostras do afloramento 015 empilhadas em ordem estratigráfica obtidas pelo método pó da fração total das amostras.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 38. Difratoograma da fração menor que 2µm das amostras obtido pela análise orientada natural. ...</i>	<i>53</i>
<i>Figura 39. Difratoograma da amostra ACEN9A pelo método de análise orientada natural, orientada glicolada e calcinada.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 40. Difratoograma da amostra ACEN9C pelo método de análise orientada natural e orientada glicolada.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 41. Difratoograma da amostra ACEN9D pelo método de análise orientada natural e orientada glicolada.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 42. Espectro obtido por meio da técnica de espectroscopia de infravermelho das amostras na fração menor que 02µm.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 43. Espectrograma de detalhe da zona de alta frequência das amostras ACEN1A, ACEN9A, ACEN9C e ACEN9D indicando o posicionamento da banda principal.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 44. Espectrograma de detalhe da zona de baixa frequência das amostras ACEN1A, ACEN9A, ACEN9C e ACEN9D indicando os principais picos encontrados.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 45. Mapa indicando as principais unidades morfotectônicas identificadas a partir da interpretação das fotografias aéreas da região de estudo.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 46. Mapa indicando os principais tipos de solos encontrados na área de estudo.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 47. Mapa indicando os principais lineamentos tectônicos encontrados na região de estudo.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 48. Análise química e fórmula estrutural da esmectita associada com a bentonita da Formação Rio do Rasto (fórmula baseada em O10(OH)2).</i>	<i>65</i>
<i>Figura 49. Perfil de solo vertissolo na região da área de estudo. A presença deste tipo de solo se constitui num dos critérios para a prospecção de bentonita na região.</i>	<i>68</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	<i>JUSTIFICATIVA</i>	11
1.2	<i>LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</i>	11
1.3	<i>CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA</i>	12
2	CONTEXTO GEOLÓGICO, ESTRATIGRÁFICO E PEDOLÓGICO	13
2.1	<i>LITOESTRATIGRAFIA DO INTERVALO NEOPERMIANO DO RIO GRANDE DO SUL</i>	14
2.2	<i>CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SOLOS PRESENTES NO RIO GRANDE DO SUL</i>	18
3	HIPÓTESES	22
4	OBJETIVOS	23
5	ESTADO DA ARTE	23
6	METODOLOGIA	25
6.1	<i>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i>	26
6.2	<i>EXPEDIÇÃO DE CAMPO</i>	26
6.2.1	<i>Etapa Pré – Campo</i>	26
6.2.2	<i>Procedimentos de Campo</i>	26
6.2.3	<i>Perfil Geológico e Compilação da Caderneta de Campo</i>	27
6.3	<i>TRABALHOS DE LABORATÓRIO</i>	45
6.3.1	<i>Separação de Argilominerais</i>	45
6.4	<i>TÉCNICAS ANALÍTICAS</i>	46
6.4.1	<i>Análise Química</i>	47
6.4.2	<i>Espectroscopia de Infravermelho (FTIR)</i>	48
6.4.3	<i>Difratometria de Raios X (DRX)</i>	48
7	RESULTADOS	50
7.1	<i>ANÁLISE QUÍMICA</i>	50
7.2	<i>DIFRATOMETRIA DE RAIOS X</i>	50
7.3	<i>ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHA</i>	57
7.4	<i>SENSORIAMENTO REMOTO E COMPARTIMENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</i>	59
8	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	64
8.1	<i>CARACTERIZAÇÃO DA BENTONITA</i>	64
8.2	<i>ESTRATIGRAFIA E MINERALOGIA</i>	65
8.6	<i>CONCLUSÕES FINAIS</i>	69
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICES	72

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho define e avalia o potencial de prospecção de novas ocorrências de bentonitas da formação Rio do Rasto, localizadas no sudoeste do Rio Grande do Sul, e as correlaciona com os depósitos bentoníticos encontrados na região de Melo, no Uruguai.

As bentonitas da região de Bagé (BR), Aceguá (BR) e Melo (UR) estão associadas a níveis ou lentes dentro da Formação Rio do Rasto. Os depósitos de bentonita identificados no Uruguai e no Rio Grande do Sul apresentam uma similaridade composicional e um grande potencial de aproveitamento econômico devido à grande área aflorante da formação Rio do Rasto.

Embora o potencial para este bem mineral não metálico seja evidente, a realidade se restringe às ocorrências isoladas e associadas a prospectos encontrados casualmente em cortes de estradas. Geomorfologicamente a área de estudo situa-se no bioma pampa e se caracteriza por regiões planas, cobertas por vegetação do tipo campos com pouca exposição das rochas e, por isso, com dificuldades para trabalhos de prospecção somente por métodos de mapeamento e geologia de superfície. Paralelamente a necessidade de estudos envolvendo as propriedades do minério e as possibilidades de aplicações industriais, deve-se investigar a potencialidade da região para jazimentos com volume de minério que justifiquem empreendimentos mineiros.

Tendo em vista essas informações, torna-se necessário um melhor entendimento da gênese das bentonitas associadas à Formação Rio do Rasto, por meio de investigação dos critérios que influenciam na ocorrência e distribuição da bentonita na região, visando selecionar áreas com maior favorabilidade para a realização de furos pioneiros de sondagem e/ou detalhamento de sondagens.

1.1 JUSTIFICATIVA

As ocorrências de bentonita identificadas na região de Melo, no Uruguai, e em Aceguá, no Rio Grande do Sul, possuem similaridade composicional e potencialidade de aproveitamento econômico, sendo objeto de interesse científico constante no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Essas argilas, identificadas e classificadas como bentonitas (Pintaúde & Formoso, 1972), ocorrem na forma de lentes centimétricas limitadas inferior e superiormente por camadas de arenito dentro da formação Rio do Rasto, em Aceguá. Na região de Melo, tem-se a possibilidade de exploração econômica, principalmente após a constatação de espessuras da ordem de 1 a 6,5 metros de bentonita com cobertura de arenito/siltito, que mudaram as perspectivas de aproveitamento econômico deste bem mineral para a região. A escolha deste tema para a realização do projeto justifica-se pelo fato das ocorrências de bentonitas na região começarem a apresentar potencialidade para exploração comercial. Além disso, existe a necessidade de se buscar melhor entendimento dos critérios que influenciam na ocorrência e distribuição da bentonita na região, especialmente no que se refere ao território brasileiro.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O projeto tem como principais áreas de estudo a região localizada ao norte do Uruguai – situada na localidade de Bañado de Medina, no Departamento de Cerro Largo, próximo à cidade de Melo, tendo como coordenadas centrais 32°24'39" de latitude sul e 54°22'04" de longitude oeste – e o município de Aceguá – situado a 60 km de Bagé, na divisa do Brasil com o Uruguai (figura 1). Nestas áreas, as bentonitas estão associadas com rochas sedimentares do Permiano da Bacia do Paraná.

Na Região de Melo, as bentonitas encontram-se inseridas na seqüência de estratos que compõem a Formação Rio do Rasto, sendo possível a sua identificação em apenas alguns pontos do terreno, como em cortes das principais estradas da região.

e na região de Aceguá, próxima a divisa do Brasil com o Uruguai. Embora as unidades estratigráficas tenham denominações diferenciadas na coluna do Uruguai e na do Brasil, a correlação entre ambas é direta (Andreis et al., 1986). Contudo, algumas particularidades devem ser consideradas. Na estratigrafia brasileira, o Rio do Rasto foi identificado inicialmente por White (1908) e elevado posteriormente à categoria de formação por Gordon Jr. (1947) subdividindo-a numa unidade inferior, denominada de Membro Serrinha, seguida, superiormente, pelo Membro Morro Pelado, enquanto no contexto uruguaio, a Formação Rio do Rasto se distribui em duas formações distintas, denominadas de Formação Yaguari e de Formação Buena Vista.

Na região de Aceguá, a única ocorrência de bentonita conhecida localiza-se num corte do terreno e apresenta espessuras centimétricas, tendo importância científica, porém uma importância econômica reduzida; enquanto na região de Melo, o avanço das pesquisas revelou espessuras de até 6 metros, associadas a dois blocos do terreno que foram preservados de processos erosivos posteriores devido ao tectonismo.

O projeto se propõe a avançar no entendimento da gênese das bentonitas associadas à Formação Rio do Rasto, sendo que o principal problema que será investigado é o que se refere aos critérios que contribuem para aumentar o potencial da existência de lentes de bentonita na região de estudo. Serão investigados fatores de natureza geotectônica, estratigráficos, paleoambientais, estruturais entre outros e se possível com a geração de um produto que discriminará áreas com maior ou menor favorabilidade para estudos detalhados posteriores, principalmente através de sondagens.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO, ESTRATIGRÁFICO E PEDOLÓGICO

A fonte principal de informação sobre a composição e comportamento do substrato da região vem a partir do conhecimento geológico. Uma particularidade da área de estudo é o seu relevo plano com poucas exposições das formações geológicas. A descrição de afloramento ocorre principalmente a partir de cortes de estrada, o que torna o conhecimento pontual e dificulta a integração dos dados. Por ser a bentonita uma rocha singular, composta somente de argila esmectítica, optou-se em complementar as informações sobre a composição do substrato através do estudo dos solos. Assim, na definição de critérios de prospecção, além dos fatores geológicos, a observação do tipo de

solo reforçou a avaliação das áreas com maior potencialidade para apresentar bentonita aflorante. Segue uma revisão sucinta das informações de natureza geológica da região e dos conhecimentos básicos empregados para aplicar os solos neste trabalho.

2.1 LITOESTRATIGRAFIA DO INTERVALO NEOPERMIANO DO RIO GRANDE DO SUL

De acordo com Menezes (2000), as unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul dividem-se em formações Palermo (parte superior), Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

A Formação Palermo, que faz parte do Grupo Guatá, foi proposta por White (1908). Apresenta característica de deposição em ambiente marinho nerítico (região que atinge, aproximadamente, 200 metros de profundidade, estendendo-se cerca de 50 a 60 km da margem litorânea. Representa o limite com maior biomassa e produtividade aquática, abrigando um grande número de organismos) e é constituída em sua base por siltitos intercalados com arenitos finos a muito finos, com estratificação ondulada, wavy, linsen, drape, e estruturas hummocky. Em direção ao topo da formação Palermo, as intercalações arenosas diminuem e predominam os siltitos arenosos na parte superior da unidade. A passagem para a formação Irati é brusca e sem descontinuidade deposicional.

A Formação Irati, que marca o início do Grupo Passa Dois, também descrita por White (op. Cit.), foi depositada em ambiente marinho restrito e começa com rochas pelíticas de coloração cinza escuro a preta, de natureza carbonosa ou pirobetuminosa. A estrutura sedimentar dominante nessas sucessões pelíticas é a laminação paralela, denotando ambiente de deposição abaixo do nível das ondas. Em direção ao topo da formação, mostra até três ciclos progradacionais (o ciclo superior é menos desenvolvido), marcados por folhelhos pretos na base e camadas carbonáticas decimétricas maciças ou brechadas no topo.

Pelo menos dois desses níveis carbonáticos apresentam grande continuidade lateral no Rio Grande do Sul, mostrando estruturas sedimentares indicativas de águas rasas e exposição subaérea, como marcas onduladas, laminações cruzadas e brechas intraformacionais. Sobre esses carbonatos ocorrem ritmitos cuja característica é a

interlaminação de areia fina e argilas escuras, indicando a transgressão das fácies anóxicas sobre as fácies de maré e supramaré.

Segundo Schneider et al. (1974), esta formação pode ser subdividida em dois membros, Taquaral e Assistência, denominações empregadas para o Irati do estado de São Paulo por Barbosa & Gomes (1958). Esta subdivisão é passível de ser efetuada praticamente em toda a Bacia do Paraná (Aboarrage & Lopes, 1986).

A Formação Serra Alta, proposta por Gordon Jr. (1947), é composta por folhelhos e siltitos de coloração cinza escuro a preto tendo como principal estrutura a fratura conchoidal. Quando intemperizados mostram cores de cinza-claro a cinza-esverdeado e amareladas. Normalmente, são maciços ou possuem uma laminação plano-paralela incipiente, às vezes micáceos. Localmente, contêm lentes e concreções calcíferas, com formas elipsoidais que podem alcançar até 1,5 m de comprimento com 50 cm de largura. São freqüentes as intercalações de lentes e concreções carbonáticas e, próximo a sua base, ocorrem camadas decimétricas de arenitos finos. Sua deposição se deu abaixo do nível de ação das ondas, em ambiente marinho de águas calmas (Schneider et al., 1974). Os contatos da Formação Serra Alta com a Formação Teresina, que lhe é sobrejacente, e com a Formação Irati, subjacente, são transicionais.

White (1908) denominou de "camadas Estrada Nova" uma seqüência formada por folhelhos cinza e arenitos, na qual se encontram inclusos os sedimentos pertencentes à Formação Teresina. Moraes Rego (1930) foi quem empregou pela primeira vez o termo Teresina, sob a designação de Grupo Teresina, mais tarde denominada de Formação Teresina por Schneider et al. (1974). Esta Formação, tal qual a Formação Serra Alta, também é constituída por argilitos e folhelhos cinza escuro a esverdeado, diferenciando-se, contudo, pela maior presença de lâminas de siltitos e arenitos muito finos acinzentados. Quando alterada, esta unidade mostra cores diversificadas em tons creme, violáceos, bordôs e avermelhados. Comumente, apresenta lentes e concreções carbonáticas, com formas elípticas e dimensões que podem atingir 2 m de comprimento por 80 cm de largura.

Lentes e concreções calcíferas são freqüentes nessa unidade. Além disso, camadas decimétricas de calcáreos maciços ocorrem no terço superior. As estruturas sedimentares mais comuns são as estratificações paralela, ondulada e microcruzada. As características litológicas e as estruturas sedimentares exibidas por esta formação indicam uma deposição em ambiente marinho relativamente profundo na base passando para ambiente de águas

rasas e agitadas, dominado por ondas e pela ação de marés (inframaré a supramaré) no topo (Schneider et al., 1974). Em direção ao seu topo, aumentam as intercalações arenosas de cor avermelhada, sugerindo interdigitação com a Formação Rio do Rasto.

White (1908) utilizou o termo Rio do Rasto para uma sucessão de camadas vermelhas, expostas nas cabeceiras do rio do Rasto, situado em Santa Catarina, como a seção padrão desta formação. Gordon Jr. (1947) elevou o Rio do Rasto à categoria de Formação, dividindo-a em dois membros: o inferior, denominado Serrinha, e o superior, Morro Pelado.

O Membro Serrinha é constituído por arenitos finos, bem selecionados, intercalados com siltitos e argilitos cinza-esverdeados, amarronados, bordôs e avermelhados, podendo localmente conter lentes ou horizontes de calcário margoso. Os arenitos e siltitos possuem laminação cruzada, ondulada, "*climbing*" e "*flaser*", sendo, às vezes, maciços. Os siltitos e argilitos exibem desagregação esferoidal bastante desenvolvida, a qual serve como um critério para a identificação dessa unidade. Segundo Schneider et al. (1974), as litologias desse membro resultaram de uma transição entre os depósitos de águas rasas da Formação Teresina e os continentais do Membro Morro Pelado. Aboarrage & Lopes (1986) atribuem um ambiente marinho transicional para a deposição desse membro. As cores progressivamente mais avermelhadas do Serrinha indicam, claramente, condições ambientais mais oxidantes da base para o topo da unidade.

O Membro Morro Pelado é constituído por lentes de arenitos finos, avermelhados, intercalados em siltitos e argilitos arroxeados. Suas principais estruturas sedimentares são a estratificação cruzada acanalada, a laminação plano-paralela, cruzada, e a estrutura de corte e preenchimento. As camadas apresentam geometria sigmoidal ou tabular. O ambiente deposicional deste membro é considerado por Schneider et al. (1974), como estritamente continental, com sedimentos de lagos e planícies aluviais sendo recobertos por dunas de areia sob condições climáticas áridas, enquanto Aboarrage & Lopes (1986) consideram este membro como depositado em ambiente flúvio-deltaico.

A deposição da Formação Rio do Rasto é atribuída a um ambiente marinho raso (supra a infra-maré) que transiciona para depósitos de planície costeira (Membro Serrinha) e que passa posteriormente à implantação de uma sedimentação flúvio-deltaica (Membro Morro Pelado). A Formação Rio do Rasto apresenta contato por discordância erosiva com a Formação Botucatu que lhe é sobrejacente e transicional com a Formação Teresina, que

lhe é subjacente. O contato entre os seus membros Serrinha e Morro Pelado é concordante e gradacional.

A primeira coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná foi estabelecida por White (1908) e, desde então, surgiram diversas propostas para agrupamentos e denominações destes fácies, membros, formações e grupos que a compõem. Nesse sentido, um dos mais importantes trabalhos foi realizado por Schneider et al. (1974), que estabeleceu uma correlação regional entre as descontínuas unidades estratigráficas gonduânicas presentes na bacia, desenvolvendo uma coluna crono-ambiental para a mesma (figura 2).

		LITOESTRATIGRAFIA						
Cronoes		Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná	São Paulo			
Quat.		Barreiras, Terraços Aluviões	Barreiras, Terraços Aluviões	Qhe	Qhe			
Terc.		Associação litológica primária	Associação litológica primária	TQI	TQI Fm. Rio Claro			
Cret.	Gr. Bauru				Fm. Marília			
Juro-Cretáceo	Gr. São Bento	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral			
		Fm. Botucatu	Fm. Botucatu	Fm. Botucatu	Fm. Botucatu			
Trias.	Gr. São Bento	Mb. Rio Maria Fm. Rosário do Sul			Fm. Pirambóia			
Permiano	Gr. Passa Dois	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Corumbatal
		Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina		
		Fm. Serra Alta	Fm. Est. Nova	Fm. Serra Alta	Fm. Serra Alta	Fm. Serra Alta		
		Fm. Irati	Mb. Assistência Mb. Taquaral					
		Fm. Palermo	Fm. Palermo	Fm. Palermo	Fm. Palermo			
Carb. Sup.	Gr. Itararé	Fm. Rio Bonito	Fm. Rio Bonito	Fm. Rio Bonito	Mb. Siderópolis Mb. Paraguaçu Mb. Triunfo	Mb. Paraguaçu Mb. Triunfo	Fm. Tatui	
		Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Aquidauana	
		Fm. Mafra	Fm. Mafra	Fm. Mafra	Fm. Mafra	Fm. Mafra	Gr. Itararé	
Devoniano	Gr. Paraná	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente		
		Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa	Fm. Furnas	
		Fm. Furnas	Fm. Furnas	Fm. Furnas	Fm. Furnas	Fm. Furnas		
		Embasamento pré-Gonduânico						

Figura 2. Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná, seg. Schneider et al (1974), adaptada por Aboarrage & Lopes (1986).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SOLOS PRESENTES NO RIO GRANDE DO SUL

Com base nos estudos de Streck et al. (2002), define-se que o Rio Grande do Sul apresenta uma grande variedade de tipos de solos como consequência da complexidade da formação geológica e da ação climática existente.

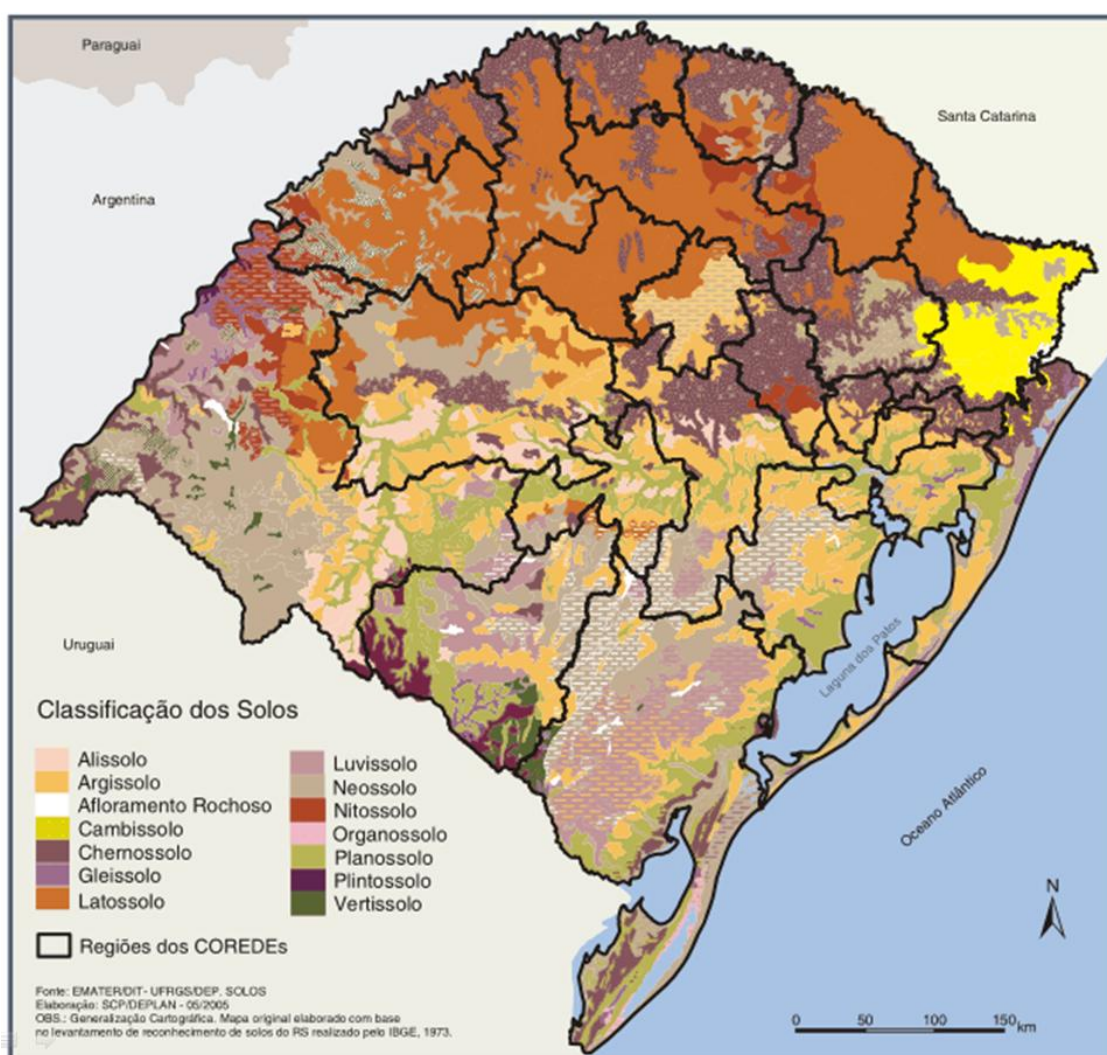


Figura 3. Mapa representando os diferentes tipos de solos existentes no Rio Grande do Sul (Fonte: EMATER/DIT- UFRGS/DEP. SOLOS. Elaboração: SCP/DEPLAN - 05/2005).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), pode-se dividir os solos em 13 classes diferentes (figura 3): Argilossolo, Cambissolo, Chernossolo,

Espodossolo, Gleissolo, Latossolo, Luvisolo, Neossolo, Nitossolo, Organossolo, Planossolo, Plintossolo e Vertissolo.

Para melhor classificação dos solos utiliza-se o termo horizontes (*figura 4*), que são porções do solo, aproximadamente paralelas à superfície, que sofreram a atuação dos processos de formação dos solos, de modo que se distinguem em camadas.

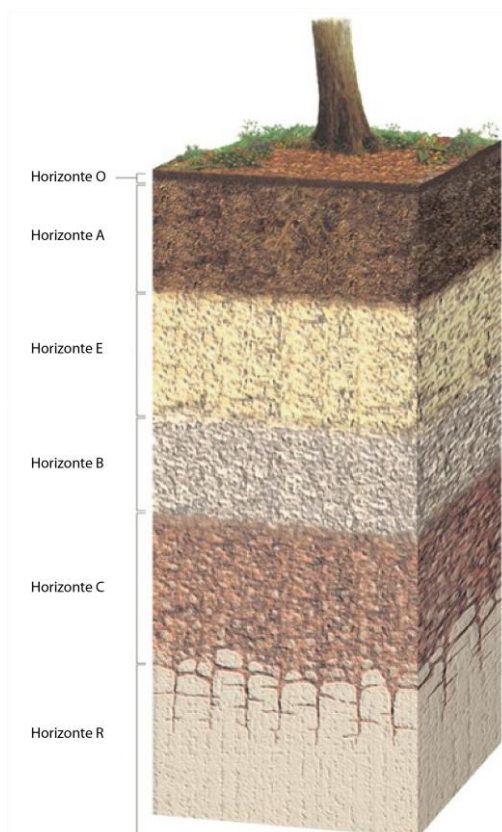


Figura 4. Imagem modificada de Pearson Prentice Hall, Inc. mostrando os horizontes de classificação dos solos.

- O - Horizonte com predominância de restos orgânicos
- A - Horizonte superficial, com bastante interferência do clima e da biomassa. É o horizonte de maior mistura mineral com húmus.
- E - Horizonte eluvial de cores claras, ou seja, de exportação de material, geralmente argilas e outros minerais.

- B - Horizonte de maior concentração de argilas e de minerais oriundos de horizontes superiores (e, às vezes, de solos adjacentes). É o solo com coloração mais forte, agregação e desenvolvimento.
- C - Porção de mistura de solo pouco denso com fragmentos de rochas pouco alteradas da rocha que compõe o substrato. Equivale aproximadamente ao conceito de saprólito.
- R ou D - Rocha matriz não alterada.

Segundo o EMBRAPA (2006), as 13 classes de solos são divididas em seis níveis categóricos, sendo os quatro primeiros (ordem, subordem, grande grupo e subgrupo) os mais desenvolvidos.

No 1º nível categórico (ordem) os solos são classificados de acordo com a seguinte seqüência:

- **Argissolos:** solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E. Ocorrem em relevos suaves e ondulados e podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio, sendo também de alta suscetibilidade à erosão e degradação.
- **Cambissolos:** solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. São solos rasos a profundos, em processo de transformação, e em geral ocorrem em áreas de maior altitude com baixas temperaturas.
- **Chernossolos:** solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte A chernozêmico. São escuros devido à presença de material orgânico e possuem alta fertilidade química, podendo ser rasos ou profundos.
- **Espodossolos:** solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B espódico, imediatamente abaixo de horizonte E, A, ou horizonte hístico, dentro de 200 cm da superfície do solo.

- **Gleisolos:** solos constituídos por material mineral com horizonte Glei iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos organossolos. São pouco profundos, mal drenados de cor acinzentada ou preta e ocorrem em depressões com baixa declividade.
- **Latossolos:** solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. São profundos, bem drenados, ácidos e de baixa fertilidade, podendo apresentar toxidez por alumínio para as plantas.
- **Luvisolos:** solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e alta saturação por bases, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, exceto A chernozêmico, ou sob horizonte E. São pouco profundos com acumulação subsuperficial de argila. Apesar da carência de fósforo, apresentam boa fertilidade natural dependendo da profundidade.
- **Neossolos:** solos pouco evoluídos constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.
- **Nitossolos:** solos profundos com aparência similar aos latossolos, diferindo destes por apresentar um horizonte B com uma estrutura mais desenvolvida com revestimento brilhante. São ácidos com predomínio de caulinita e óxidos de ferro na sua constituição.
- **Organossolos:** são formados por material orgânico em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal drenados, em depressões e nas proximidades das lagoas e lagoas.
- **Planossolos:** solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguidos de horizonte B plânico, não coincidente com horizonte plântico ou Glei. São localizados em áreas de relevo suave, ondulados ou planos e mal drenados. Normalmente aparecem nas margens dos rios e lagoas.
- **Plintossolos:** são solos de relevo plano ou pouco ondulados, com drenagem imperfeita e, por isso, apresentam limitações para cultivos perenes. Em períodos

chuvosos ocorre elevação do lençol freático, saturando o solo e impedindo seu uso com cultivos anuais e pastagens cultivadas.

- **Vertissolos:** são solos de áreas planas ou pouco onduladas, mal drenados e pouco profundos. Constituídos por material mineral com horizonte vértico entre 25 e 100 cm de profundidade e relação textural insuficiente para caracterizar um B textural, e apresentando, além disso, os seguintes requisitos:
 - Teor de argila, após mistura e homogeneização do material de solo, nos 20 cm superficiais, de no mínimo 300g/kg de solo;
 - Fendas verticais no período seco, com pelo menos 1 cm de largura, atingindo, no mínimo, 50 cm de profundidade, exceto no caso de solos rasos, onde o limite mínimo é de 30cm de profundidade;
 - Ausência de material com contato lítico, ou horizonte petrocálcico, ou duripã dentro dos primeiros 30cm de profundidade;
 - Em áreas irrigadas ou mal drenadas (sem fendas aparentes), o coeficiente de expansão linear (COLE) deve ser igual ou superior a 0,06 ou a expansibilidade linear é de 6cm ou mais;
 - Ausência de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte vértico.

3 HIPÓTESES

Baseando-se na ocorrência de Melo, cujas espessuras das lentes de bentonita atingem valores métricos, a hipótese é que a área tem potencialidade para a existência de outros sítios com espessuras métricas, desde que sejam observados alguns critérios. O projeto se propõe a estabelecer e testar os critérios dentro de uma ampla área da Formação Rio do Rasto no setor entre Bagé, Aceguá e Santana do Livramento, propondo-se a delimitar áreas de maior interesse dentro desse perímetro. Após a delimitação das áreas mais favoráveis, serão realizados trabalhos de campo visando à verificação da

potencialidade com a coleta de amostras de possíveis bentonitas para posterior estudo de caracterização em laboratório.

4 OBJETIVOS

O objetivo principal do projeto é estabelecer critérios para a seleção de áreas com maior potencial para a prospecção da bentonita e, se possível, identificar no lado brasileiro ocorrências com espessura comparáveis àquelas encontradas na região de Melo, Uruguai.

Objetivos secundários:

- a) Estudar os níveis de bentonita na região sul do Brasil e norte do Uruguai;
- b) Detalhar a mineralogia dos níveis de bentonita;
- c) Investigar a proveniência por métodos mineralógicos, geoquímicos e isotópicos;
- d) Especificar o posicionamento estratigráfico da bentonita;
- e) Correlacionar as ocorrências conhecidas de bentonitas;
- f) Obter dados e informações para a montagem da monografia final do Curso de Geologia da UFRGS.

5 ESTADO DA ARTE

As esmectitas da região de Melo são conhecidas desde 1940 (Goñi, 1952), e foi ainda nesse período que as argilas foram empregadas como carga na fabricação de sabão doméstico. A utilização dessa argila para moldes de fundição mediante a ativação com sais de sódio foi avaliada por Melissari et al. (1966), apresentando uma estimativa de reserva em torno de 20.000 toneladas.

Gómez et al. (1980, inédito) determinou duas áreas com interesse especial na região de Bañado de Medina e as denominou de Campo A e Campo B (Figura 5). Foi graças à análise térmica diferencial (ATD) realizada por esses autores que estas argilas foram identificadas como sendo montmorilonitas. Foram realizados, também, testes para avaliar as propriedades tecnológicas das argilas, além de estimarem a existência de reservas da ordem de 100.000 a 1.000.000 de toneladas no campo B. O material coletado próximo ao

campo B foi parcialmente empregado pela empresa “Química San Fernando”, estabelecida em Montevideu, para a produção de bentonita ativada alcalina e ácida para a clarificação de óleos e vinhos.

No campo A, a exposição parcial das argilas permitiu a Calarge (2001) amostrar e descrever os aspectos estruturais e geoquímicos da esmectita, fazendo uma comparação com as argilas de características similares encontradas no município de Aceguá, no Rio Grande de Sul. Os dados geoquímicos obtidos nesse trabalho permitiram relacionar a bentonita como sendo originada a partir de material vulcânico de composição riolítica a dacítica em ambiente geológico do tipo colisão/subducção (Calarge et al., 2003, Calarge et al., 2006).

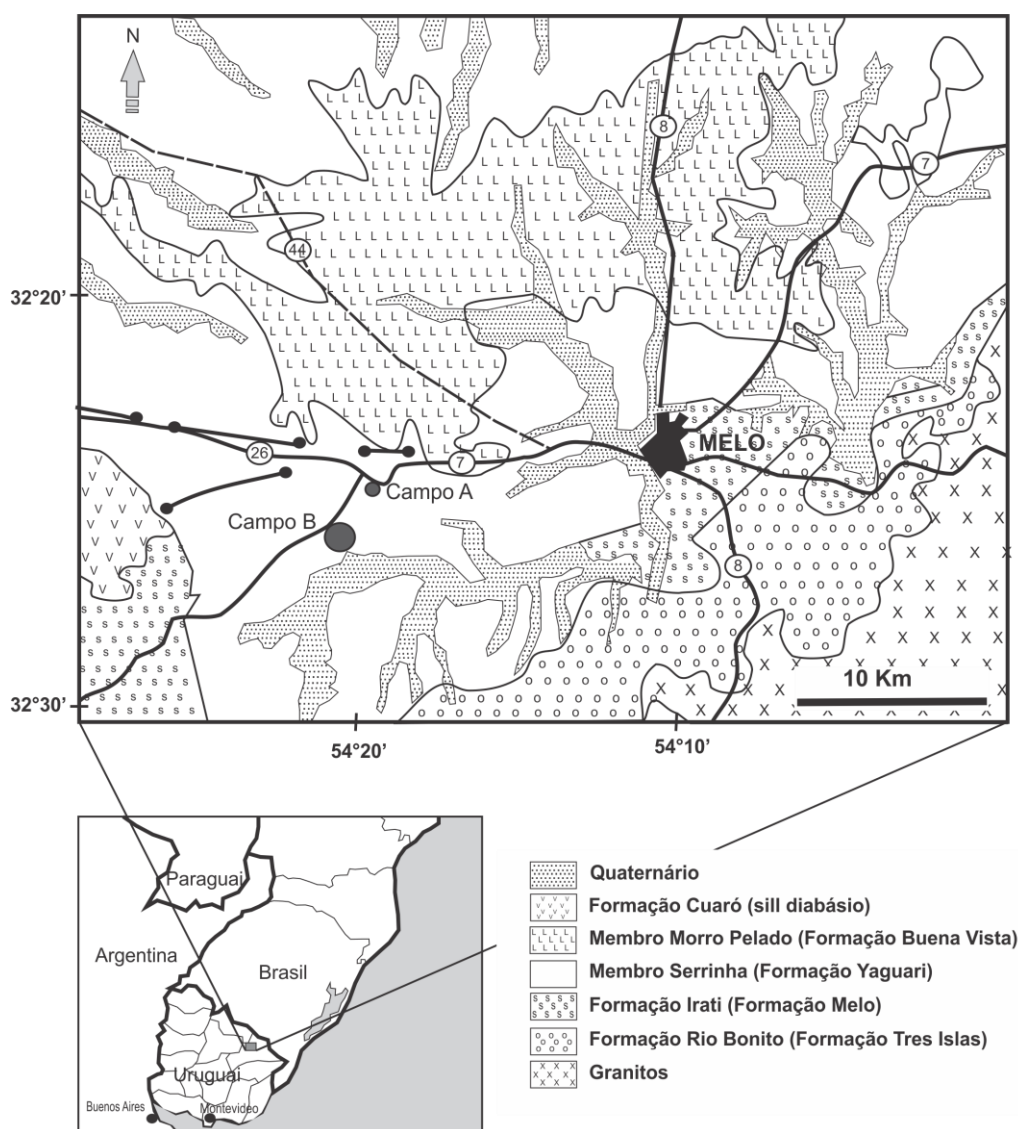


Figura 5. Mapa geológico e de localização dos Campos A e B na região de Bañado de Medina – Uruguai, adaptado de Gomez et al. (1980) e Bossi et al. (1998)

6 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse trabalho foi dividida em diversas etapas (figura 6). Neste capítulo serão descritas de maneira detalhada todas as análises realizadas e seu funcionamento.

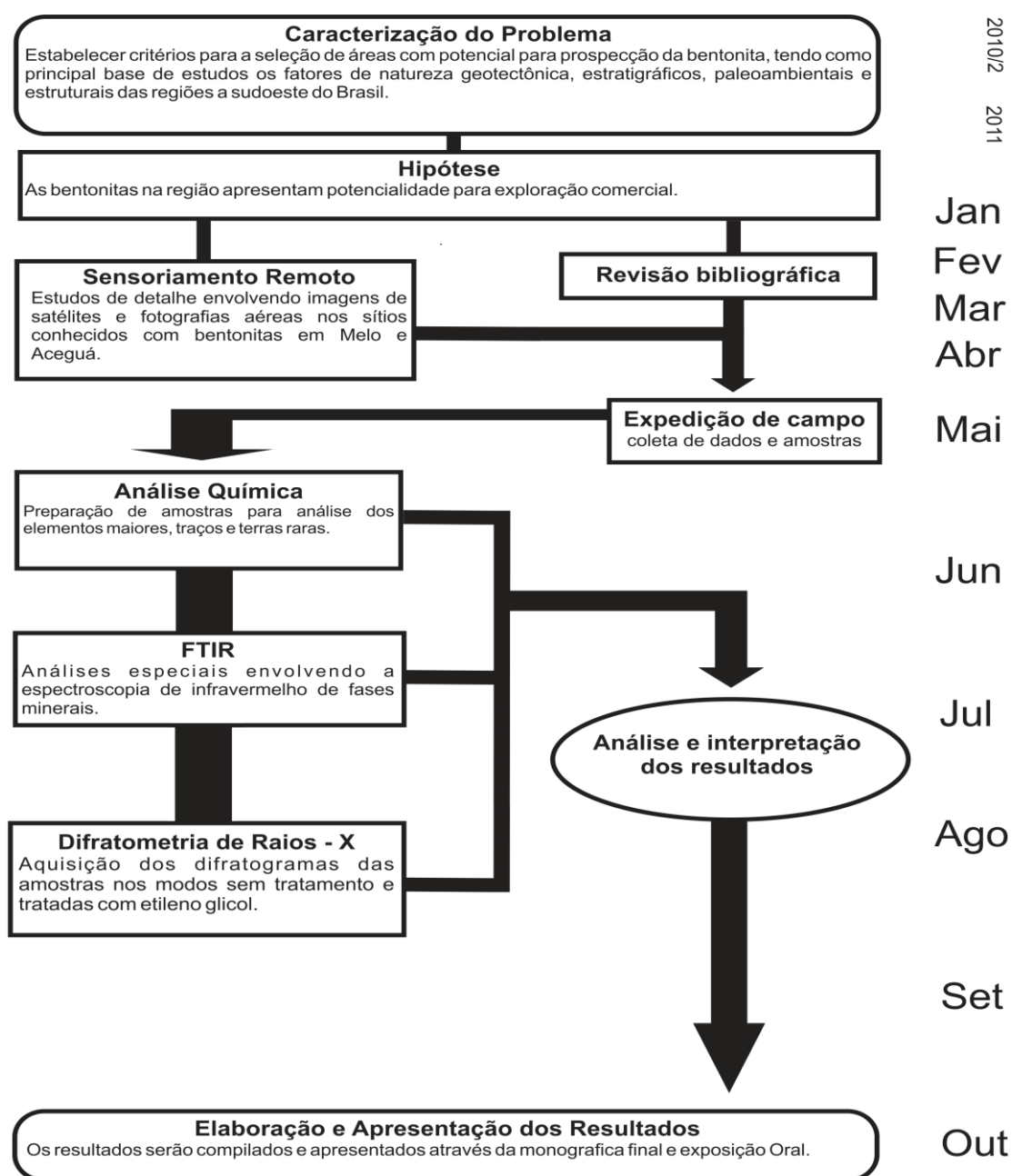


Figura 6. Fluxograma do projeto.

6.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa do trabalho é contínua ao longo de todo o projeto, tendo como principal foco a revisão de artigos e livros envolvendo, principalmente, estudos sobre argilominerais, métodos de caracterização mineralógica, métodos de análise e geologia da área de estudo. Também é verificada nesta revisão a existência de trabalhos anteriores, relativos à área de estudo e sua geologia.

6.2 EXPEDIÇÃO DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram realizados entre os dias 23 e 27 de maio de 2011, no Município de Aceguá. A atividade de campo teve como objetivos avaliar a compartimentação feita através da análise de fotografias aéreas, verificar a geologia da região, descrever os afloramentos encontrados na área de estudo e coletar amostras para estudos de caracterização posterior em laboratório. Secundariamente, avaliou-se a potencialidade das áreas que a metodologia empregada sugeriu como promissora. Neste trabalho, foram definidos os melhores locais a serem estudados com a coleta de amostras para serem analisadas em laboratório. Os locais amostrados foram localizados em cartas topográficas e foram realizados registros fotográficos dos afloramentos.

6.2.1 Etapa Pré – Campo

Neste estudo, a etapa pré – campo consistiu em delimitar a área de trabalho a ser percorrida durante o campo através de técnicas de sensoriamento remoto. Foram utilizadas imagens de satélite no software Google Earth®, fotografias aéreas na escala de 1:60.000 e 1:110.000 e anaglifos, para a localização dos pontos de interesse da região, bem como as melhores estradas e acessos a estes afloramentos.

6.2.2 Procedimentos de Campo

O primeiro passo para esta etapa foi a aquisição de dados de localização, utilizando um GPS e cartas topográficas da área de estudo. Os objetivos específicos nesse trabalho de

campo foram efetuar descrições de afloramentos, observar as relações estratigráficas entre as rochas, verificar os limites fotogeológicos demarcados na fotointerpretação e caracterizar, no campo, as unidades fotogeológicas e geomorfológicas. Os objetivos gerais dessa expedição de campo foram checar a continuidade lateral do nível bentonítico de interesse, buscando encontrar novas áreas de ocorrência desse nível em superfície.

Foram coletadas doze amostras no total, algumas referentes à Formação Rio do Rasto e outras da Formação Estrada Nova. Todas passaram pelos processos de caracterização mineralógica para a obtenção de dados para a comparação com informações pré-existentes da região.

6.2.3 Perfil Geológico e Compilação da Caderneta de Campo

No dia 25 de maio de 2011 foi iniciada a expedição de campo na região de Aceguá, no Sudoeste do Rio Grande do Sul, com o objetivo de estudar o comportamento da Formação Rio do Rasto. Durante esse trabalho de campo foi realizado um perfil geológico ao longo da estrada BR 153, partindo do distrito de Colônia Nova em direção ao município de Aceguá. Essa estrada é uma área preferencial para a realização do trabalho devido ao fato de cortar todas as litologias da região (figura 7).

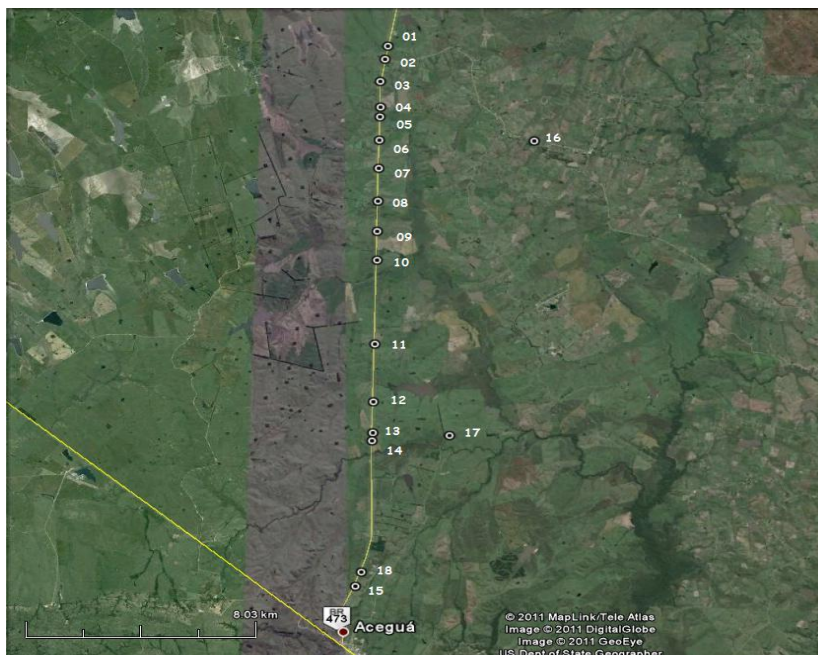


Figura 7. Imagem obtida por meio do software Google Earth® mostrando os pontos visitados durante a expedição de campo.

Afloramento 001 – Formação Rio do Rasto, Membro Morro Pelado - Cota 187m

Coordenadas:

0770339 E

6496142 N



Figura 8. Visão Geral do afloramento 001 onde é possível observar a inclinação das camadas.

Afloramento de corte de estrada onde predominam os arenitos com camadas de siltitos mais finos intercalados (figura 8 e figura 9). É possível a identificação de estruturas de marcas de ondas (figura 10) e uma laminação plano-paralela. Nota-se também a presença de lentes sigmoidais e estruturas de corte e preenchimento. Nesse afloramento foram coletadas duas amostras: 1A (arenito) e 1B (siltito)

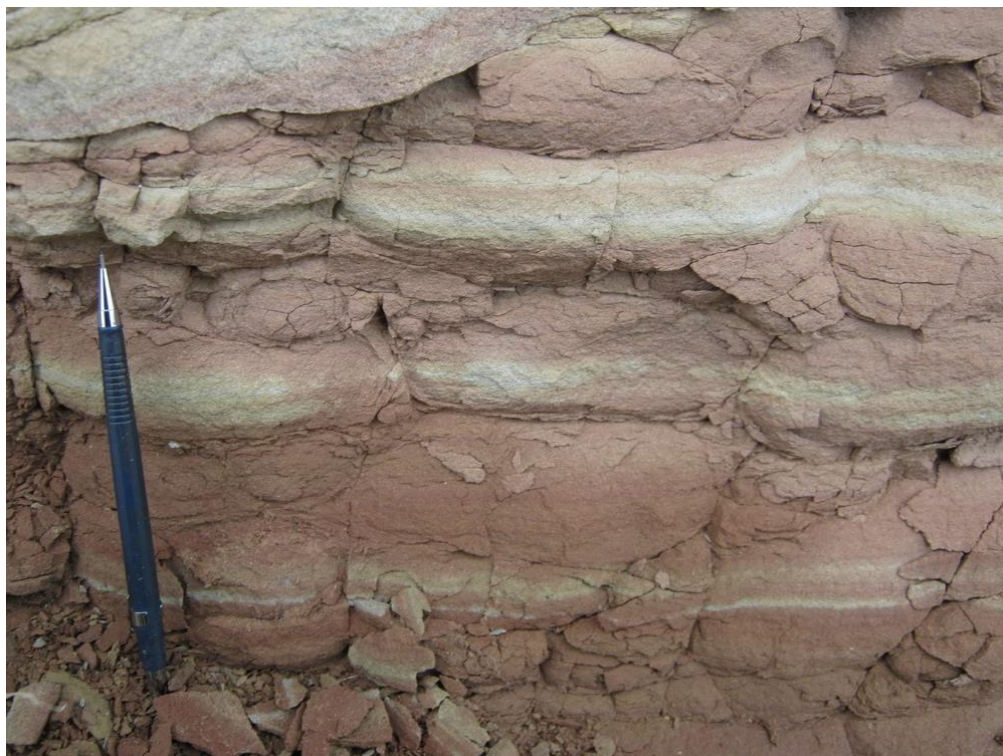


Figura 9. Intercalação de camadas de arenitos e siltitos encontradas no afloramento 001.



Figura 10. Estruturas de marcas de ondas encontradas no afloramento 001.

Afloramento 002 – Formação Estrada Nova – Cota 162m

Coordenadas:

0770217 E

6495564 N



Figura 11. Visão geral do afloramento 002, onde observa-se a mudança gradual de coloração.

Afloramento de corte de estrada de pelitos acinzentados e camadas avermelhadas (figura 11). Apresenta lentes carbonáticas e uma desagregação esferoidal. Nesse afloramento foi coletada apenas uma amostra representativa do pelito cinza (2A) (figura 12).



Figura 12. Detalhe do folhelho cinza e a transição de camadas de cores diferentes no afloramento 002.

Afloramento 003 – Formação Estrada Nova – cota 172m

Coordenadas:

0770044 E

0494670 N



Figura 13. Visão geral do afloramento 003 mostrando os níveis carbonáticos.

Afloramento de corte de estrada intemperizado onde predominam os folhelhos cinza esverdeados e amarelados (figura 13). Apresenta algumas concreções e fraturas preenchidas por carbonatos (figura 14). Para uma melhor visualização, foi confeccionado um croqui representando as principais estruturas do afloramento (figura 15). Nesse afloramento foi coletada apenas uma amostra representativa do folhelho cinza (3A).



Figura 14. Detalhe de uma concreção carbonática encontrada no afloramento 003.

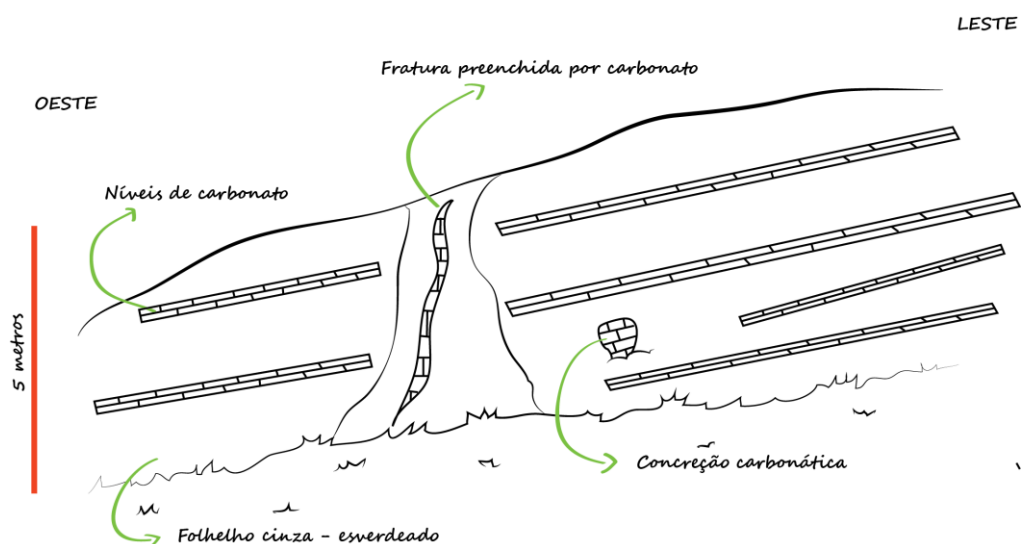


Figura 15. Croqui representando as principais estruturas do afloramento 003.

Afloramento 004 – Formação Estrada Nova – cota 160m

Coordenadas:

0769956 E

6493555 N



Figura 16. Visão Geral do afloramento 004, onde se pode observar uma maior horizontalidade das camadas.

Afloramento similar ao anterior, com a diferença que as camadas aqui estão mais horizontalizadas, além de apresentar uma rede de fraturas multidirecionais, sendo algumas preenchidas por carbonatos (figura 16). As principais estruturas do afloramento podem ser mais bem visualizadas por meio do croqui (figura 17).

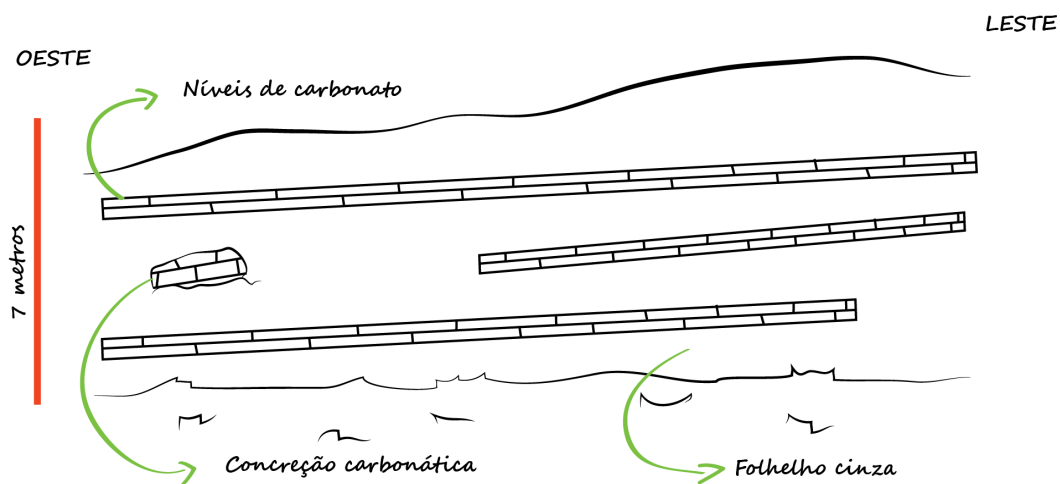


Figura 17. Croqui representando as principais estruturas encontradas no afloramento 004.

Afloramento 005 – Formação Estrada Nova – cota 151m

Coordenadas:

0769924 E

6493145 N

Afloramento de corte de estrada similar ao anterior, porém com uma sequência de folhelhos escuros.

Afloramento 006 – Formação Estrada Nova – cota 158m

Coordenadas:

0769880 E

6492157 N

Afloramento com características similares ao ponto anterior.

Afloramento 007 – Formação Estrada Nova – cota 162m

Coordenadas:

0769822 E

6490974 N



Figura 18. Visão geral do afloramento 007.

Afloramento de corte de estrada similar aos anteriores (figura 18), porém é possível observar a presença de fraturas conchoidais (figura 19), além de concreções de carbonatos (figura 20).



Figura 19. Folhelho cinza predominante do afloramento 007 apresentando fratura conchoidal.



Figura 20. Concreções de carbonato encontradas no afloramento 007.

Afloramento 008 – Formação Estrada Nova – cota 159m

Coordenadas:

0769758 E

6489585 N



Figura 21. Visão geral do afloramento 008, onde predominam os folhelhos escuros.

Afloramento de corte de estrada onde o folhelho escuro continua predominante (figura 21). Nesse afloramento é observado apenas uma concreção e níveis de carbonatos mais contínuos, formando uma espécie de acamamento. Com base nessas características, nota-se uma proximidade estratigráfica com o Membro Serrinha (Formação Rio do Rasto), devido ao aparecimento de camadas e à ausência de concreções.

Afloramento 009 – Formação Estrada Nova – cota 152m

Coordenadas:

0769691 E

6488309 N

Afloramento similar aos anteriores, também apresentando fratura conchoidal. No entanto, este afloramento apresenta-se mais maciço que os anteriores.

Afloramento 010 – Formação Estrada Nova – cota 141m

Coordenadas:

0769661 E

6487088 N

Afloramento com características similares ao ponto anterior.

Afloramento 011 – Formação Rio do Rasto, Membro Serrinha Inferior – cota 154m

Coordenadas:

0769492 E

6483540 N



Figura 22. Visão geral do afloramento 011 onde é possível observar a predominância dos folhelhos escuros.

Afloramento corte de estrada similar aos anteriores, apresentando folhelhos escuros predominantes e níveis carbonáticos (figura 22). Nesse afloramento foi coletada uma amostra representativa do folhelho escuro (4A).

Afloramento 012 – Formação Rio do Rasto, Membro Morro Pelado – cota 151m

Coordenadas:

0769373 E

6481100 N



Figura 23. Visão geral do afloramento 012 onde predominam os arenitos avermelhados.

Afloramento de corte de estrada onde predominam os arenitos bem selecionados de cor avermelhada. Apresenta certo grau de descoloração e os siltitos são praticamente inexistentes (figura 23). É possível, também, identificar uma estrutura sigmoidal. As principais estruturas desse afloramento podem ser mais bem visualizadas por meio do croqui (figura 24).

Nesse afloramento foi coletada uma amostra representativa do arenito (5A).

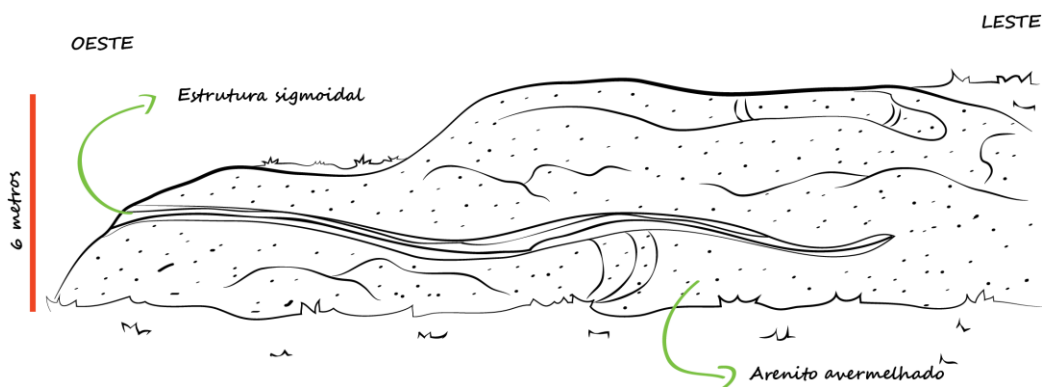


Figura 24. Croqui representando as principais estruturas do afloramento 012.

Afloramento 013 – Formação Rio do Rasto, Membro Serrinha – cota 155m

Coordenadas:

0769325 E

6479787 N

Afloramento corte de estrada onde predominam os folhelhos. Apresenta fratura conchoidal e níveis de carbonatos.

Nesse afloramento foi coletada uma amostra representativa do folhelho (6A)

Afloramento 014 – Formação Rio do Rasto, Membro Serrinha Superior– cota 152m

Coordenadas:

0769282 E

6479452 N



Figura 25. Visão geral do afloramento 014 mostrando a predominância dos folhelhos avermelhados.

Afloramento de corte de estrada apresentando níveis contínuos de folhelhos bordos, indicando sinais de carbonatação (figura 25). Apresenta fratura conchoidal.

Afloramento 015 – Formação Rio do Rasto, Membro Serrinha Superior– cota 158m

Coordenadas:

0768537 E

6473313 N



Figura 26. Visão geral do afloramento 015, dando ênfase ao local onde se encontra a lente de bentonita.



Figura 27. Visão geral do afloramento 015, onde é possível observar suas diversas camadas.

Afloramento de corte de estrada que apresenta a ocorrência conhecida de bentonita na região de Aceguá. O afloramento ocorre em diversas camadas, onde predomina o arenito fino e os siltitos (figura 26 e figura 27). Apresenta descoloração e intensidades diferentes de carbonatação sendo possível identificar estruturas de desagregação esferoidal.



Figura 28. Visão geral do afloramento 015 no lado onde predominam os arenitos.

Pode-se notar uma sobreposição de diversas camadas nesse afloramento (figura 28), sendo a mais inferior um folhelho arroxeadado com fissilidade fina contendo níveis delgados de coloração cinza claro, seguido por uma camada de argilito de cor rosada (bentonita) (figura 29). Sobrepondo-se a esta camada ocorre, novamente, o folhelho arroxeadado (figura 30), seguido por uma intercalação de camadas de arenito fino com calcita bem cristalizada nos planos de fratura (figura 31), que apresenta pontuações vermelhas e feições de dissolução, e camadas de siltito avermelhado e friável.



Figura 29. Detalhe da camada de bentonita (cor rosada) entre camadas de folhelhos avermelhados do afloramento 015



Figura 30. Visão Geral do afloramento 015 no lado onde predominam os folhelhos.



Figura 31. Camada de calcário que se intercala com a camada de arenito fino no afloramento 015.

Nesse afloramento foram coletadas amostras do folhelho arroxeadado (9A), de pontuações escuras presentes nessa mesma camada (9B), do argilito identificado como bentonita (9C), do siltito avermelhado (9D) e do arenito intercalado com carbonato (9E)

Afloramento 016 – Formação Estrada Nova – cota 184m

Coordenadas:

0775334 E

6491976 N

Afloramento de corte de estrada onde predominam folhelhos pretos. Em alguns pontos é possível identificar uma alteração amarelada desses folhelhos escuros. Apresenta concreções calcáreas e fraturas preenchidas por carbonatos.

Afloramento 017 – Formação Rio do Rasto, Membro Serrinha Inferior– cota 130m

Coordenadas:

0772010 E

6479598 N



Figura 32. Visão geral do afloramento 017 mostrando o folhelho cinza e a camada de solo.

Afloramento de corte de estrada onde predomina um folhelho cinza escuro com níveis avermelhados. Apresenta lentes de calcáreo margoso (figura 32).

Com base nessas características, pode-se dizer que esse afloramento marca uma transição da Formação Estrada Nova para a Formação Rio do Rasto, sendo possível definir esse Membro como Serrinha Inferior, criando-se uma correlação direta com o Membro San Diego, de acordo com a estratigrafia do Uruguai. Nesse afloramento foi coletada uma amostra representativa do folhelho (7A).

Afloramento 018 – Formação Rio do Rasto, Membro Serrinha Superior– cota 173m

Coordenadas:

0768760 E

6473907 N



Figura 33. Camadas siltosas intercaladas presentes no afloramento 018.

Afloramento de corte de estrada onde predomina um siltito avermelhado com níveis de carbonato (figura 33). Nesse afloramento foi coletada uma amostra representativa do siltito avermelhado (8A).

6.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO

Após coletadas, as amostras foram levadas ao laboratório, onde passaram por diversos processos de preparação, antes de passarem pelas etapas de técnicas analíticas.

6.3.1 Separação de Argilominerais

Para maximizar os resultados obtidos através das diversas análises, primeiramente as amostras coletadas passaram por um processo de separação de frações, que tem como objetivo isolar a fração granulométrica argila da rocha. Usualmente, opta-se pela separação

da fração menor que 20 μ m através da decantação normal, seguida pela fração menor que 2 μ m utilizando uma centrífuga.

O método utilizado para a separação de diferentes frações de argilominerais está baseado no comportamento das partículas em solução a partir da Lei de Stokes. Inicialmente, as amostras são desagregadas através de um gral de porcelana, até a amostra atingir tamanho areia média. Em seguida, é feita a pesagem do material, separando-se 50g da amostra em um recipiente com cerca de 300 ml de água destilada. Estes frascos são colocados em um aparelho agitador durante 12 horas, para proporcionar uma desagregação natural dos argilominerais, sem que isto pulverize completamente a amostra.

Após a agitação, as amostras são transferidas para um copo de Becker e passam por um processo de desagregação por meio de um ultra-som de ponteira, para evitar que a amostra sofra floculação.

Ao término da fase de desagregação, as amostras passam para um recipiente onde é iniciada a etapa de decantação por processos de sedimentação, de acordo com a Lei de Stokes. Esse método é baseado nas mudanças na velocidade de decantação de diferentes partículas em uma suspensão formada a partir de um fluido com viscosidade conhecida. A partir da densidade média das partículas e profundidade de decantação, são calculados intervalos de tempo para a separação dos materiais com dimensão pré-estabelecida.

Para a realização desta etapa, cada amostra é transferida para uma proveta com acréscimo de água deionizada, até o volume de dois litros. Após isto, a amostra é deixada para decantar naturalmente por um período de tempo condizente com a temperatura da sala e com o tamanho médio das partículas que serão separadas. Após o período de tempo necessário, utiliza-se um sifão especialmente configurado para coletar a camada superior da proveta, aproximadamente um litro e meio de água deionizada em conjunto com o material com diâmetro da partícula desejado.

6.4 TÉCNICAS ANALÍTICAS

Após as amostras terem passado pelos processos de separação de frações e saturação catiônica, deu-se início a etapa de aquisição de dados através de diversas técnicas analíticas.

6.4.1 Análise Química

Por meio da análise química por fluorescência de raios X é possível obter os percentuais em peso de óxidos de elementos maiores e menores que compõem o material.

O espectrômetro mede a radiação fluorescente produzida por uma irradiação da amostra aos raios X. Essa irradiação causa uma ionização dos diferentes orbitais, arrancando elétrons de determinados níveis atômicos. Com isso, os elétrons dos níveis mais externos transicionam para os níveis mais internos, liberando fótons com quantidades diferentes de energia. A partir desse fenômeno é possível identificar de qual elemento químico provem uma determinada radiação (figura 34). As contagens de cada elemento são comparadas com padrões, o que torna a técnica quantitativa.

Para a realização da análise química, as amostras foram previamente cominuídas ao tamanho 200 mesh com a utilização de um gral e um pistilo. Todo o material utilizado na preparação das amostras foi prévia e posteriormente descontaminado, para evitar qualquer tipo de alteração indesejada nos resultados. Através desse processo de preparação obteve-se 10g de cada amostra, que passaram pelo processo de análise química.

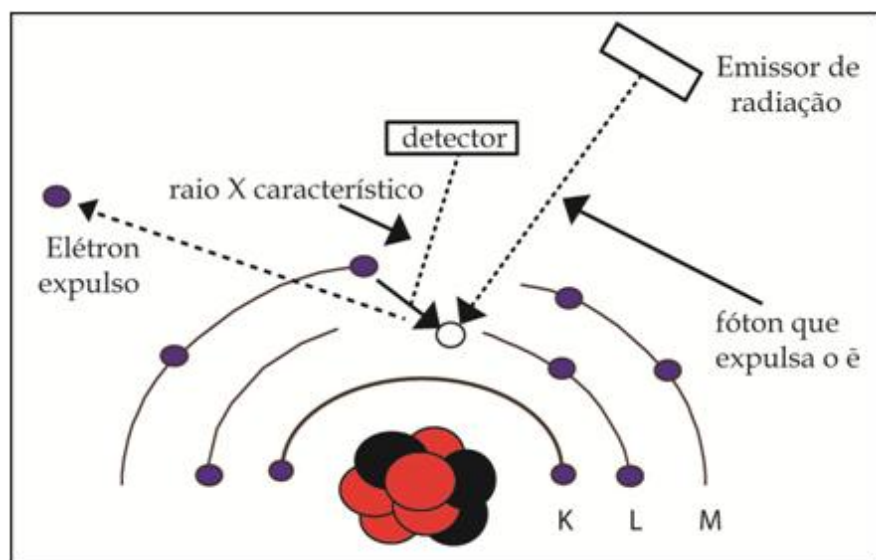


Figura 34. Desenho esquemático das interações do feixe de raios X com os átomos dos elementos químicos.

6.4.2 Espectroscopia de Infravermelho (FTIR)

A espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica utilizada para analisar a estrutura e composição de materiais orgânicos, inorgânicos e polímeros.

A técnica consiste em emitir um feixe de raios infravermelhos na superfície de uma amostra, fazendo com que os vários comprimentos de onda do feixe sejam parcial ou totalmente absorvidos, gerando movimentos vibracionais e rotacionais nos grupos moleculares e ligações químicas das moléculas na região do infravermelho. O resultado dessa variação de absorção na amostra é plotado em um gráfico, onde o eixo vertical representa a intensidade de absorção, enquanto o eixo horizontal indica o comprimento de onda.

O método para a preparação do material que será analisado consiste na fabricação de pastilhas de 0,0015g de amostra com 0,1g de brometo de potássio. Essa mistura é macerada com gral e pistilo até formar um pó homogêneo, que é prensado a vácuo. O brometo de potássio não interfere nos resultados do método, uma vez que é utilizado apenas para dar volume à pastilha.

A mistura resultante é pensada a 15kgf durante 4 minutos, aumentando para 20kgf por 3 minutos e 30kgf nos últimos 3 minutos, totalizando 10 minutos. A pastilha é retirada da prensa e colocada no espectrofotômetro, onde ela é analisada e o gráfico resultante é comparado a um banco de dados de minerais.

6.4.3 Difratomia de Raios X (DRX)

A difratometria de raios X é utilizada para a identificação das fases minerais não determinadas por microscopia óptica, como os argilominerais e óxidos de ferro.

A técnica consiste em utilizar raios X que, ao atingirem um material, espalham-se elasticamente, sem perda de energia. O fóton de raio X, após atingir o material, muda sua trajetória sem perda de energia ou mudança de fase. Se os átomos do material analisado estiverem ordenados em uma estrutura cristalina, e a distância entre seus planos cristalinos forem próximas ao comprimento de onda da radiação incidente, a difração dos fótons

formará um padrão, que será comparado a um banco de dados de minerais. Como cada substância tem um conjunto de distâncias diferentes e características, é possível diferenciar e identificar todas as substâncias cristalinas por este método.

Para a realização da análise são preparadas lâminas orientadas, desta forma privilegiam-se as faces 001 para a identificação de argilominerais, que são deixadas para secagem natural em local protegido de poeira e contaminação e depois analisadas em um difratômetro de raios X (figura 35). Normalmente, para cada amostra são preparadas duas lâminas, uma para a análise por meio do método natural e glicolado e outra para o método calcinado.

A amostra orientada natural é borrifada com etileno glicol para verificar a existência ou não de argilominerais expansivos. Os resultados obtidos são denominados de difratograma de amostra orientada glicolada. Quando a amostra orientada natural é aquecida a 550 °C para avaliar argilominerais sensíveis ao aquecimento, os resultados obtidos são denominados de difratograma de amostra orientada calcinada.



Figura 35. Difratômetro de raios X (Laboratório de Difração de raios X - UFRGS)

7 RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho são apresentados neste capítulo. Com o desenvolvimento dos trabalhos em laboratório, constatou-se que alguns métodos não deveriam ser empregados em todas as amostras. Desta forma, procederam-se adaptações na metodologia para melhor atingir os objetivos gerais do projeto.

Para um melhor entendimento dos resultados, são apresentados neste item alguns dados obtidos durante o projeto, envolvendo algumas amostras selecionadas e importantes para o item discussões. Os resultados completos envolvendo as demais amostras encontram-se na seção APÊNDICES (pag. 72).

7.1 ANÁLISE QUÍMICA

Com base em todas as informações obtidas por meio da expedição de campo e dos resultados adquiridos com a técnica de análise química, foi possível avaliar o comportamento geoquímico ao longo de um perfil envolvendo o nível de bentonita. A metodologia permitiu definir a concentração dos principais elementos químicos constituintes das amostras coletadas (Apêndice I – pag. 72).

7.2 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

A seguir são apresentados os resultados das 12 amostras, obtidos pelo método da difratometria de raios X em análise de rocha total pelo método pó e análise da fração menor que 02 μ m orientada sem tratamento (natural), orientada tratada com etileno glicol (glicolada) e tratada com aquecimento (calcinada).

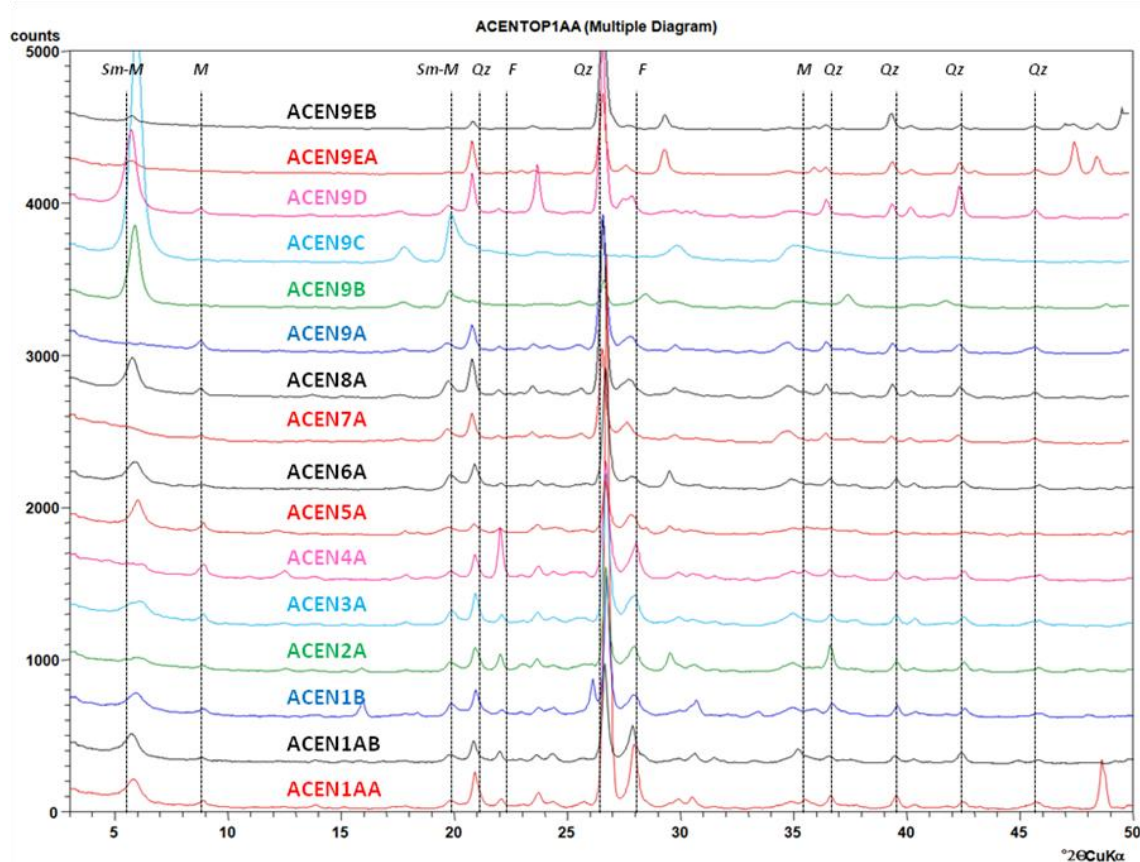


Figura 36. Difratoograma de rocha total das amostras obtido pelo método de análise pó.

O difratograma das amostras (figura 36) foi obtido por meio da análise do método pó (rocha total). As amostras são referentes aos afloramentos 001, 002, 003, 011, 012, 013, 015, 017 e 018, visitados durante a expedição de campo. Durante o processo de preparação das amostras foi decidido separar a amostra 1A e 9E em duas outras amostras, baseando-se em colorações diferentes presentes na rocha.

Os picos principais das distâncias interplanares ocorrem em 15,137 Å, 9,958 Å, 4,476 Å, 4,247 Å, 4,027 Å, 3,337 Å, 3,192 Å, 2,528 Å, 2,456 Å, 2,281 Å, 2,127 Å. Os resultados confirmam a presença de esmectita (pico a 15,137 Å), quartzo (picos a 4,247 Å, 3,337 Å, 2,456 Å, 2,281 Å e 2,127 Å), feldspato (picos a 4,027 Å e 3,192 Å) e mica (picos a 9,958 Å e 2,528 Å), sendo que esses filossilicatos não podem ser discriminados nesse tipo de análise ao DRX.

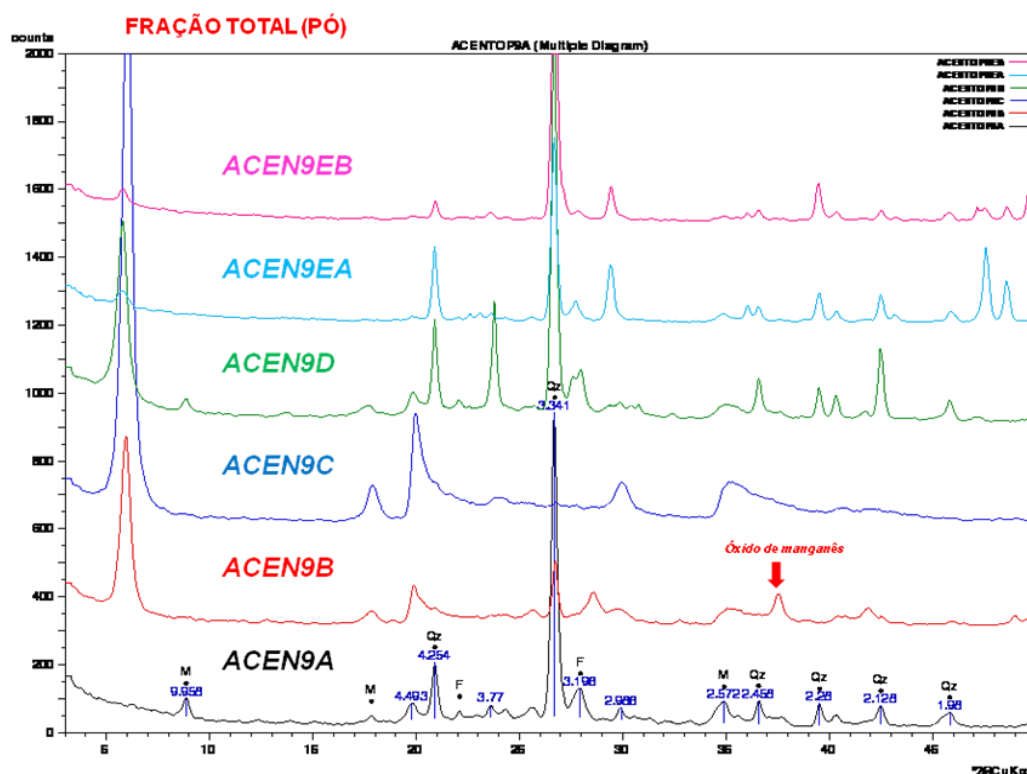


Figura 37. Difratomogramas das amostras do afloramento 015 empilhadas em ordem estratigráfica obtidas pelo método pó da fração total das amostras.

As amostras 9A, 9B, 9C, 9D e 9E (que foi dividida em 9EA e 9EB devido a colorações diferentes na rocha), coletadas no afloramento 015, foram selecionadas para uma análise mais detalhada por se tratar do perfil estratigráfico onde ocorre a camada de bentonita. Com base nos resultados obtidos ao DRX (figura 37), pode-se perceber que as amostras apresentam comportamentos diferentes, apesar de serem visualmente similares.

A amostra ACEN9A representa o folhelho arroxeadado localizado estratigraficamente abaixo da camada de bentonita (ACEN9C). Nessa amostra nota-se a ausência de esmectita e uma grande contribuição detrítica de minerais, como quartzo e feldspato.

A amostra ACEN9B trata-se de pontuações escuras presentes na própria camada de bentonita. O difratograma revela que essa amostra apresenta um comportamento similar ao da própria camada de bentonita, diferenciando-se apenas pela presença de um pico a 2,393 Å, que pode ser interpretado como um mineral de manganês, provavelmente criptomelano.

Na camada de bentonita, representada pela amostra ACEN9C, pode-se perceber que, mesmo tratando-se da fração total da rocha, o pico que representa a esmectita (15,137

Â) é o que mais se destaca de todas as outras amostras, indicando uma ausência de minerais detríticos, como quartzo e feldspato.

Por meio dos resultados obtidos ao DRX é possível notar, também, que a amostra ACEN9D, que representa o folhelho arroxeadado estratigraficamente acima da camada de bentonita (ACEN9C), mesmo visualmente muito similar à amostra ACEN9A, apresenta uma similaridade composicional próxima da própria bentonita, apesar de indicar uma presença maior de minerais detríticos.

A amostra ACEN9EA e ACEN9EB, apesar de apresentarem colorações diferentes, tiveram resultados quase idênticos, indicando que a diferença de cor tratava-se apenas de intemperismo. É possível identificar nessas amostras a presença de muito quartzo e pouca esmectita, característico de um arenito.

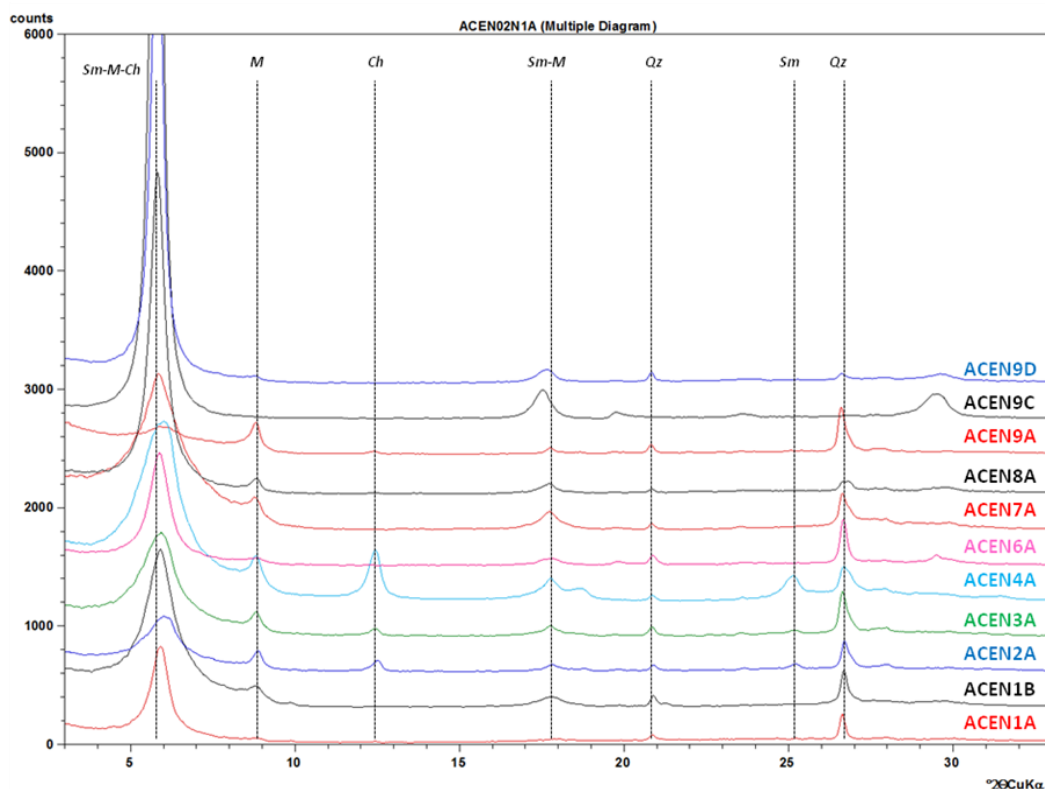


Figura 38. Difratograma da fração menor que 2µm das amostras obtido pela análise orientada natural.

A partir dos resultados obtidos por meio da difração de raios X das amostras pelo método pó da rocha total, as amostras 1A, 1B, 2A, 3A, 4A, 6A, 7A, 8A, 9A, 9C e 9D foram selecionadas para as análises ao DRX da fração menor que 02µm. Todas as amostras

No resultado da amostra ACEN9A (figura 39), obtido pelo método de análise orientada natural, foram identificados dois picos muito próximos, um em 15,031 Å e outro em 14,255 Å, que foram interpretados como sendo o pico da esmectita e da clorita, respectivamente.

Para uma melhor identificação, essa amostra passou pela análise do tipo orientada glicolada, onde o pico a 15,031 Å se deslocou para 17,060 Å, confirmando tratar-se de uma esmectita devido às propriedades expansíveis desse argilomineral. Ao calcinar a amostra a 550° C, a estrutura da esmectita colapsou, permanecendo apenas o pico indicativo da clorita a 14,255 Å.

Por meio do difratograma dessa amostra, pode-se perceber que, mesmo na fração menor que 02 µm, ela ainda possui presença de quartzo, enquanto o formato e largura dos picos indicam que a esmectita dessa amostra é detrítica e com um grau de cristalinidade inferior.

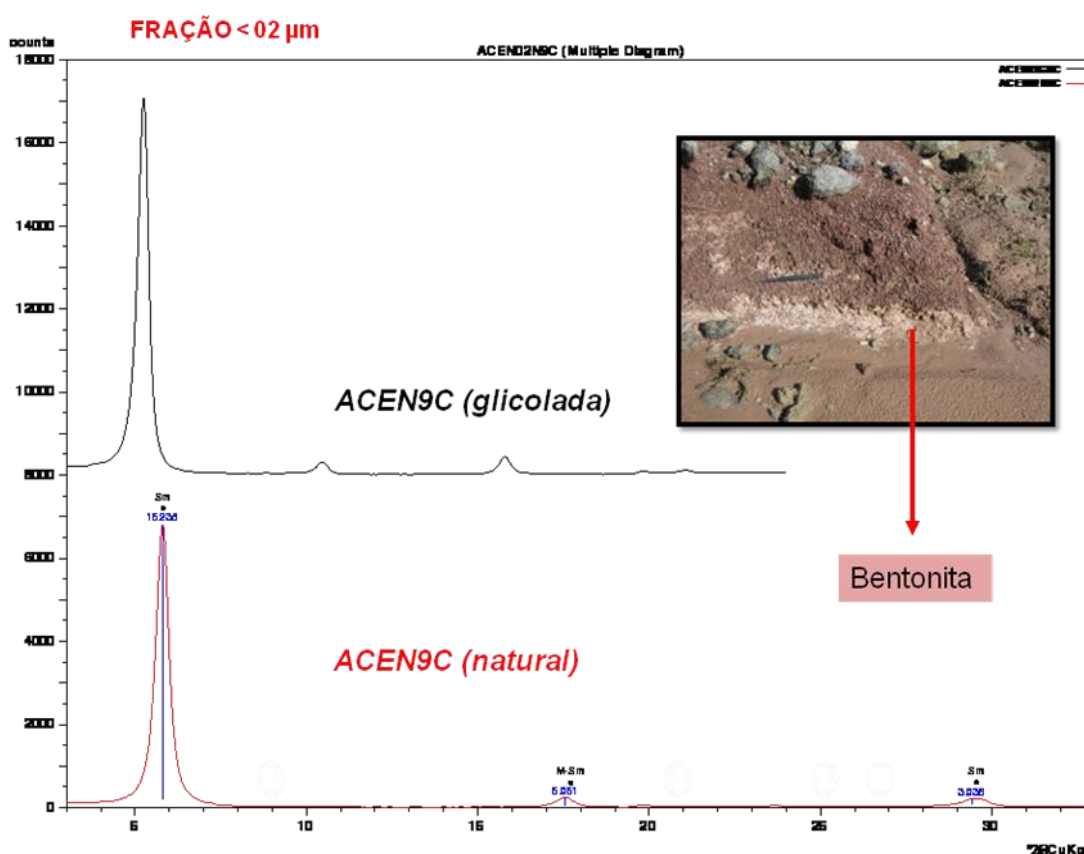


Figura 40. Difratograma da amostra ACEN9C pelo método de análise orientada natural e orientada glicolada.

No difratograma da amostra ACEN9C (figura 40), obtido por meio do método de análise orientada natural e orientada glicolada, pode-se perceber que não há contribuição detrítica alguma. O pico a 15,238 Å, identificado no resultado da análise orientada natural, desloca-se para 16,085 Å, quando a amostra é glicolada, confirmando tratar-se de uma esmectita.

Devido à ausência de outras fases minerais e pelo formato e largura do pico identificado, pode-se interpretar essa esmectita como sendo pura e bem cristalizada.

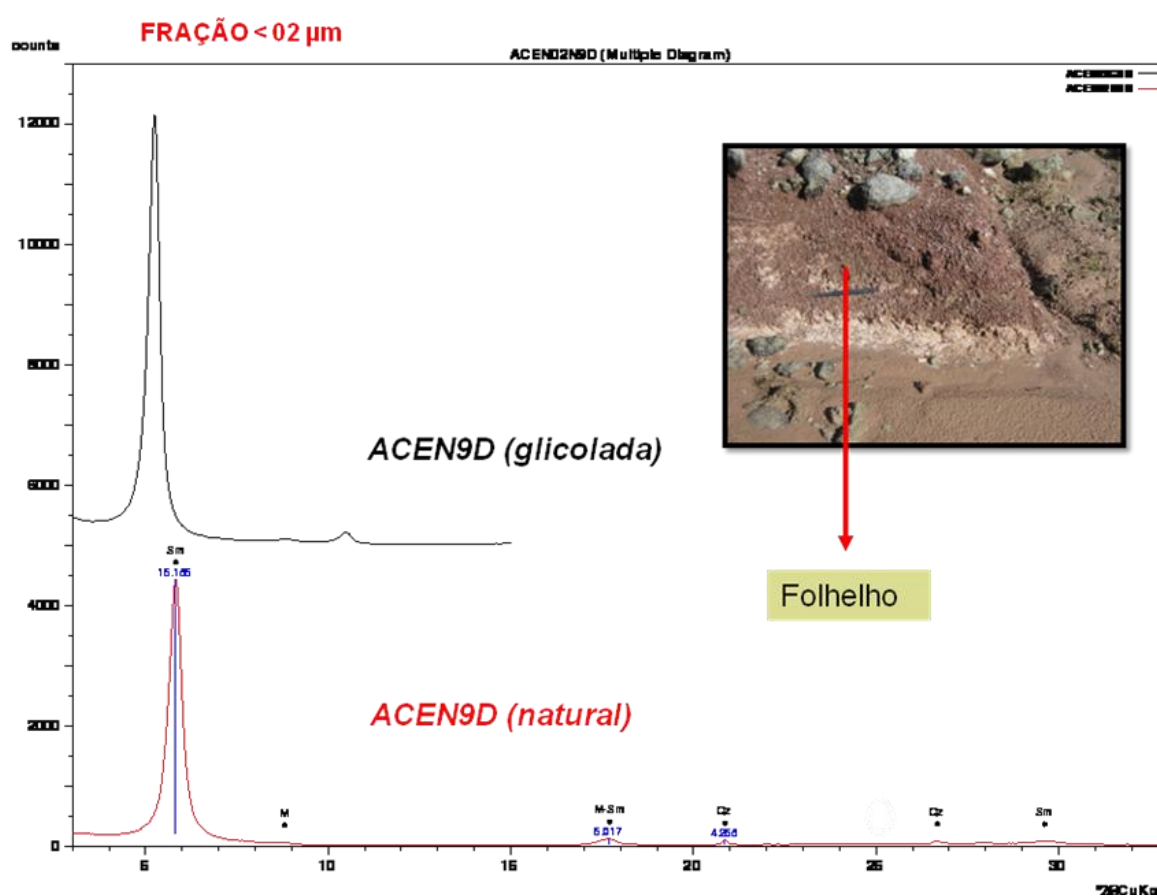


Figura 41. Difratograma da amostra ACEN9D pelo método de análise orientada natural e orientada glicolada.

No resultado da amostra ACEN9D (figura 41), obtido pelo método de análise orientada natural, foram identificados dois picos principais: um em 15,181 Å e um em 4,258 Å. Ao ser glicolada, o pico em 15,181 Å deslocou-se para 16,865 Å, confirmando a presença de uma esmectita.

Ao ser analisada mais detalhadamente, pode-se perceber que a amostra ACEN9D possui um comportamento próximo ao da amostra ACEN9C, tendo como diferença, além da intensidade do pico correspondente a esmectita, a presença de um pico a 4,258 Å, indicando a presença de quartzo detrítico. Esse resultado confirma a hipótese levantada anteriormente, onde a bentonita e a camada de folhelho que a sobrepõe apresentam certa similaridade composicional, apesar de visualmente distintas.

7.3 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHA

A técnica de espectroscopia de infravermelho foi utilizada neste projeto com o objetivo de complementar os resultados obtidos por meio da difratometria de raios X.

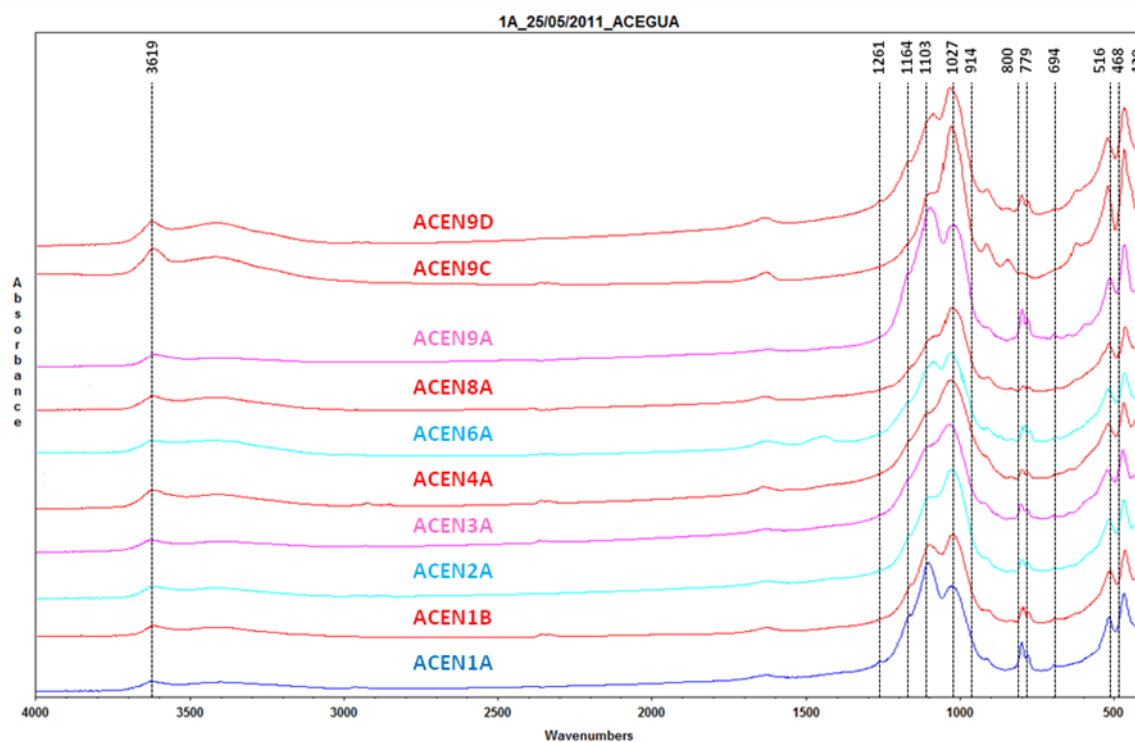


Figura 42. Espectro obtido por meio da técnica de espectroscopia de infravermelho das amostras na fração menor que 02µm.

Para a realização da espectroscopia de infravermelho foram selecionadas as amostras 1A, 1B, 2A, 3A, 4A, 6A, 8A, 9A, 9C e 9D na fração menor que 02µm (figura 42). As principais bandas obtidas no espectrograma estão localizados em 3619, 1261,

1164, 1103, 1027, 914, 800, 779, 694, 516, 468 e 429. Os resultados confirmam a presença de esmectita (3619) em todas as amostras e clorita (429) nas amostras ACEN2A, ACEN3A, ACEN4A e ACEN9A.

Com base nas interpretações dos resultados dessas análises, pode-se estipular que existem diferenças composicionais na mineralogia das diferentes formações: As amostras referentes à Formação Estrada Nova (2A, 3A e 4A) apresentam bandas que indicam a presença de clorita com cálcio e ferro em sua estrutura (pico 429), enquanto as amostras referentes à Formação Rio do Rasto não possuem essa banda, com exceção da amostra ACEN9A, que indica uma transição entre as duas formações.

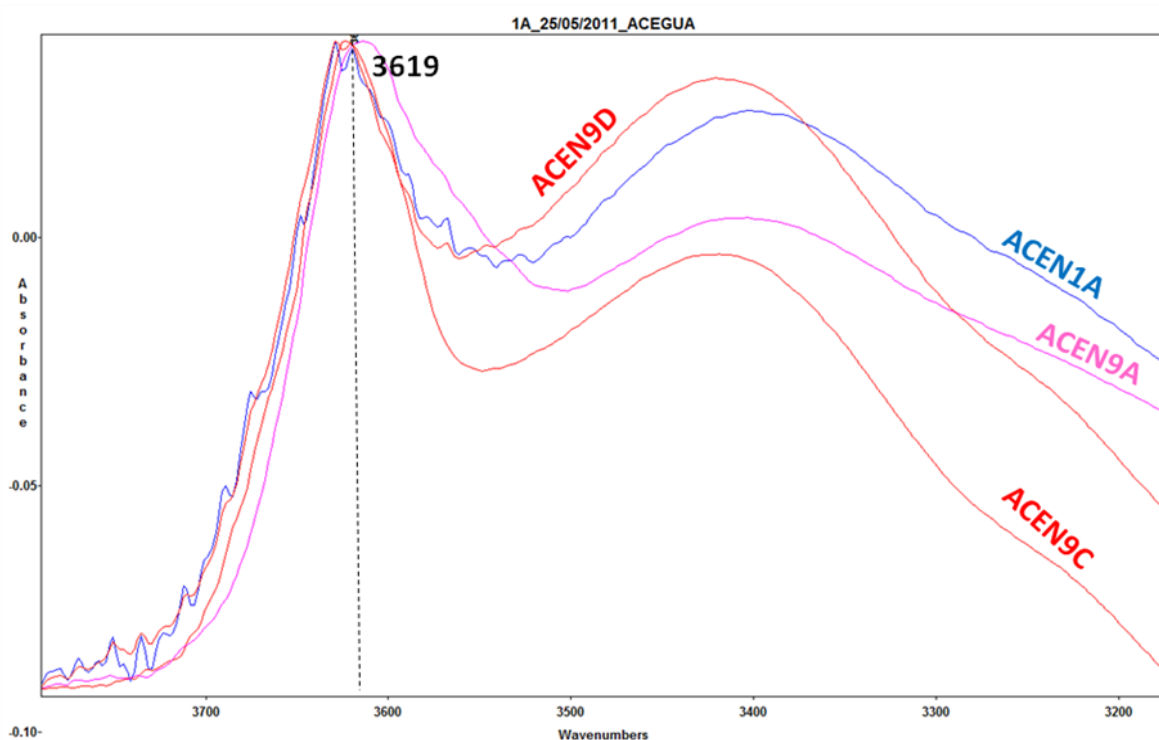


Figura 43. Espectrograma de detalhe da zona de alta frequência das amostras ACEN1A, ACEN9A, ACEN9C e ACEN9D indicando o posicionamento da banda principal.

Os espectrogramas de detalhe da zona de alta frequência (*OH stretching*) das amostras ACEN1A, ACEN9A, ACEN9C e ACEN9D (figura 43) indicam resultados muito similares. A banda de absorção 3619 é típica de uma esmectita dioctaédrica com elevada participação do alumínio na posição octaédrica do argilomineral, caracterizando a esmectita como sendo do tipo montmorilonita.

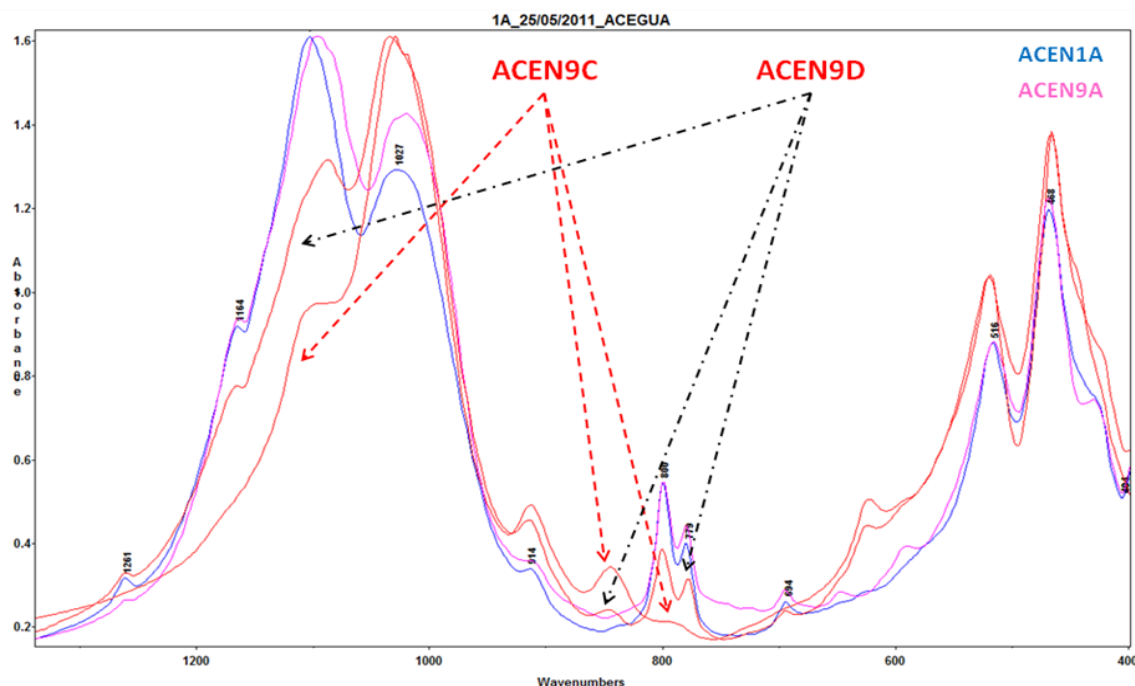


Figura 44. Espectrograma de detalhe da zona de baixa frequência das amostras ACEN1A, ACEN9A, ACEN9C e ACEN9D indicando os principais picos encontrados.

Os espectrogramas de detalhe das amostras ACEN1A, ACEN9A, ACEN9C e ACEN9D na zona de baixa frequência (*OH bending*) confirma o caráter dioctaédrico da esmectita graças a presença da banda a 1027 (figura 44). Os picos a 912 e 844 representam o AlAlOH e o AlMgOH respectivamente, indicando uma forte presença de alumínio e magnésio no octaedro do argilomineral.

Enquanto na amostra ACEN1A pode-se perceber a presença de bandas relacionadas ao quartzo (1164, 1027, 800 e 779) o mesmo não é observado na amostra ACEN9C, confirmando os resultados obtidos por meio da difratometria de raios x, que indicavam uma esmectita muito pura e bem cristalizada.

7.4 SENSORIAMENTO REMOTO E COMPARTIMENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Com base nas técnicas de sensoriamento remoto e dos resultados obtidos e interpretados por meio das técnicas analíticas foram realizados mapas da área de estudo indicando as principais unidades morfotectônicas, solos e feições estruturais da região. Para a confecção desses mapas foi utilizado o programa ArcGIS®.

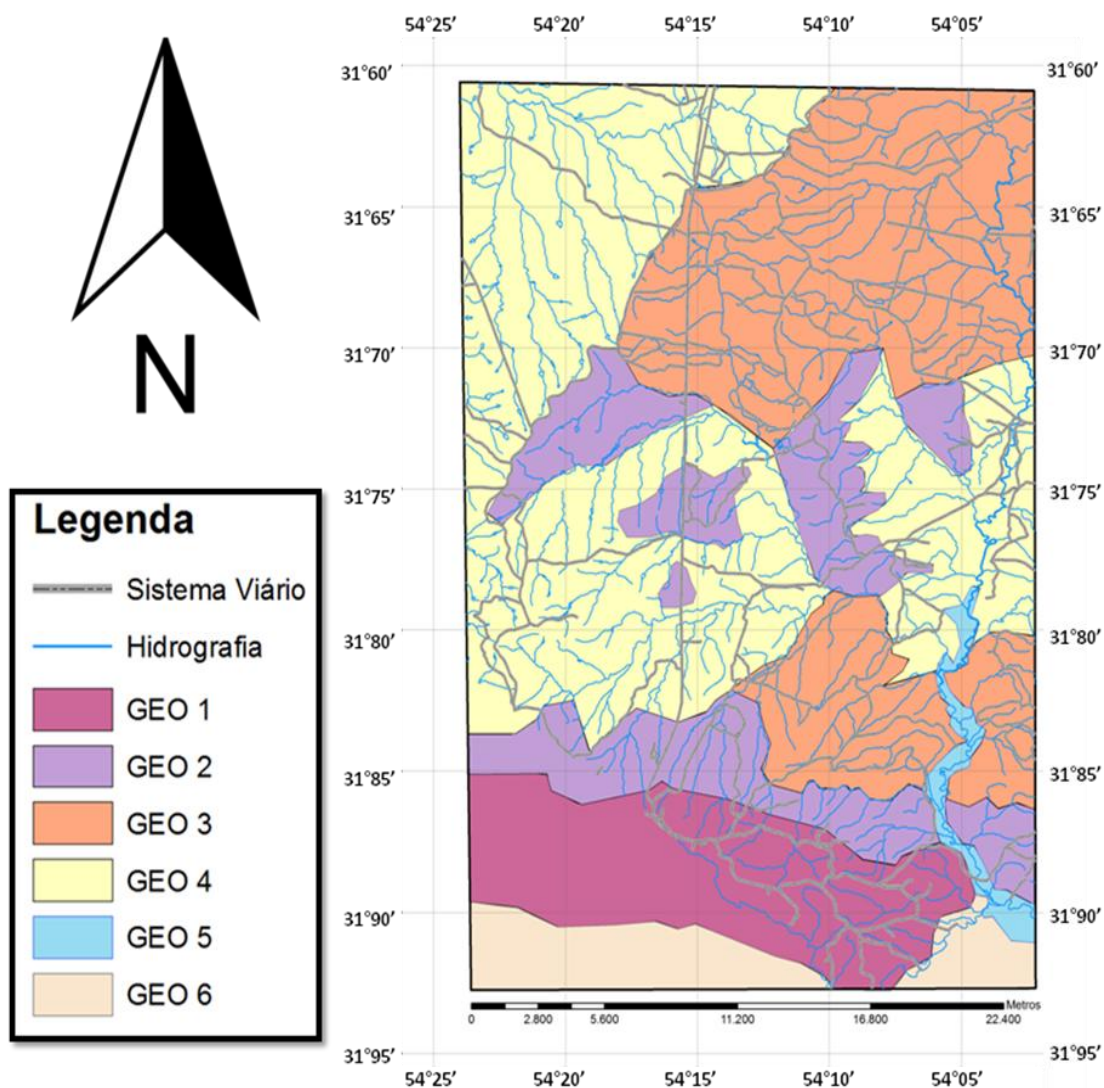


Figura 45. Mapa indicando as principais unidades morfotectônicas identificadas a partir da interpretação das fotografias aéreas da região de estudo.

Utilizando as técnicas de sensoriamento remoto pode-se dividir a região de estudo em seis grandes unidades morfotectônicas, cada uma com suas próprias características (figura 45).

A unidade morfotectônica 01 (GEO 1) forma uma região elevada que apresenta macroformas do relevo do tipo maciço e com textura variando de média a fina. Essa unidade é cortada por cristas retilíneas com orientação geral para noroeste (NW), o que sugere uma possível relação com as zonas silicificadas devido a processos de cataclase.

Utilizando fotografias aéreas da região, pode-se observar que essa unidade apresenta uma drenagem com padrão subangular de textura fina, mudando para um padrão próximo ao do tipo pinado em alguns setores.

Esses elementos relacionam a unidade 01 com rochas do embasamento do tipo granitóide deformado ou gnáissico. Os contatos com a unidade 02 ao norte e 06 ao sul se caracterizam por serem do tipo retilínio, indicando falhamentos. No mapeamento do estado do Rio Grande do Sul na escala 1:750.000 (Wildner et al, 2006) esta unidade corresponde ao granito Aceguá.

A unidade morfotectônica 02 (GEO 2) forma um patamar com elevações intermediárias onde dominam relevos em mesa com tonalidades cinza médio e com padrão de drenagem do tipo subparalelo de textura média. Essas características estabelecem para a unidade uma composição predominantemente síltica arenosa. De acordo com o mapa geológico do Rio Grande do Sul na escala 1:750.000 (Wildner et al, 2006) esta unidade encontra-se dentro da Formação Rio do Rasto indiviso.

A unidade morfotectônica 03 (GEO 3) apresenta relevo suavizado formado por pequenas mesas, cuja principal característica é a drenagem formando um padrão paralelo a subparalelo com textura fina e tonalidades cinza escuro observadas na foto aérea. Trata-se de uma unidade de rochas sedimentares em que a drenagem mostra a dificuldade de infiltração de água, sugerindo um tipo de substrato menos permeável. Todos esses elementos colocam essa unidade como sendo formada por uma seqüência sedimentar argilo siltosa.

Na região sul da área de estudo, a unidade 03 pertence à Formação Rio do Rasto, enquanto na porção identificada mais ao norte da região a presença de pelitos relaciona-a com a Formação Estrada Nova e Irati.

A unidade morfotectônica 04 (GEO 4) apresenta uma tonalidade cinza claro e uma drenagem com padrão predominantemente paralelo de textura grossa. O relevo suavizado forma platôs dominados por macroformas do tipo mesa. Essas características indicam um terreno sedimentar formado predominantemente por arenitos, que, de acordo com o mapeamento realizado pela CPRM, relaciona-se com a Formação Rio do Rasto indiviso. Associado com as informações de campo observa-se forte correlação dessa unidade com o Membro Morro Pelado.

A presença de material aluvionário do quaternário está representada pela unidade geomorfológica 05 (GEO 5) e segue as principais áreas de drenagem da região.

A unidade morfotectônica 06 (GEO 6) é formada por um relevo no qual se identificam microformas do tipo camada, levemente inclinadas, formando mesas e cuevas suaves. A textura da drenagem é grossa e com padrão subdentrítico e apresenta tonalidades cinza médio. As características observadas dessa unidade levam a interpretação de um substrato formado por rochas sedimentares do tipo arenito.

7.5 DISTRIBUIÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS NA ÁREA DE ESTUDO

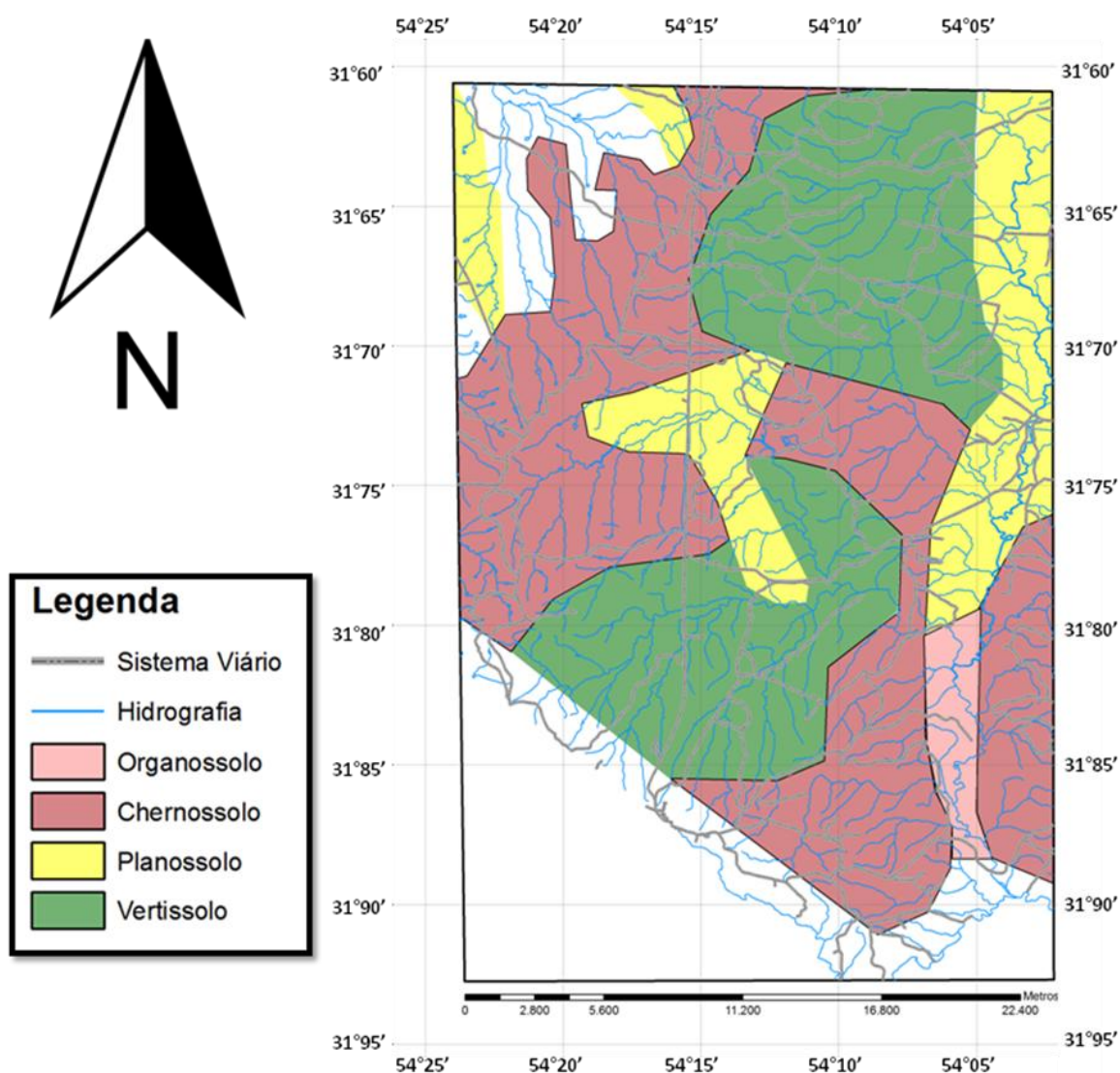


Figura 46. Mapa indicando os principais tipos de solos encontrados na área de estudo.

Com base no mapa de solos do Rio Grande do Sul e nos estudos de Streck et al. (2002), pode-se definir que os solos do tipo Organossolo, Chernossolo, Planossolo e Vertissolo são as principais ocorrências relacionadas à área de estudo (figura 46).

Comparando as áreas visitadas durante a expedição de campo com o mapa de solo, nota-se que o principal afloramento onde ocorre a bentonita está relacionado ao solo do tipo Vertissolo, indicando uma característica importante para a definição de áreas favoráveis a presença de bentonita.

7.6 ANÁLISE DOS LINEAMENTOS POR SENSORIAMENTO REMOTO

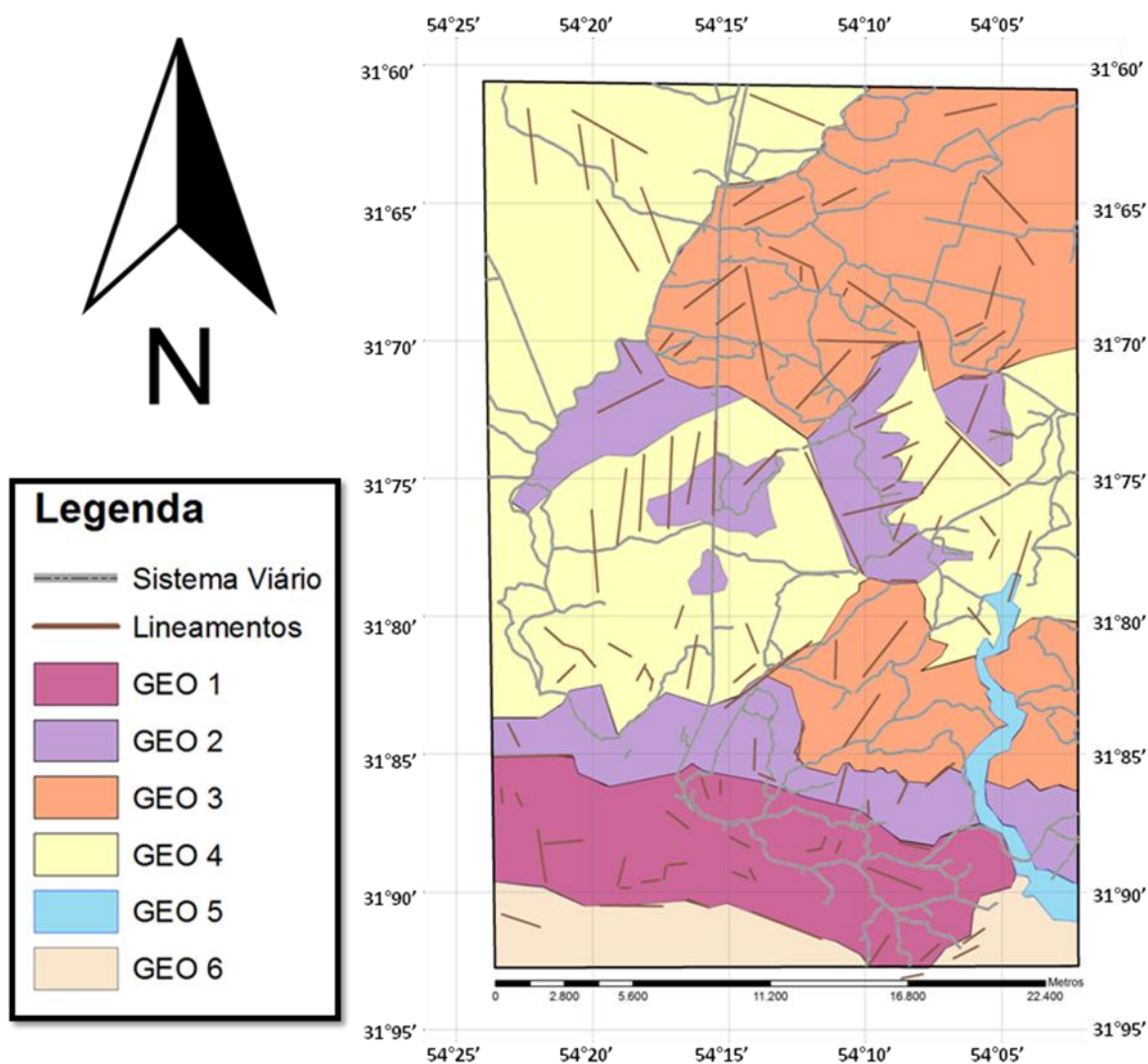


Figura 47. Mapa indicando os principais lineamentos tectônicos encontrados na região de estudo.

A área de estudo apresenta-se bastante afetada pela tectônica, sendo considerada uma região tectonicamente perturbada. Isso é evidenciado pela presença de lineamentos com orientação geral para nordeste (NE), que controla os canais de drenagem e muitos dos contatos entre as unidades morfotectônicas visualizadas (figura 47).

Possivelmente, a presença desses lineamentos representa falhamentos, que dificultam uma análise estratigráfica integrada da região devido à existência de blocos elevados e rebaixados, que colocam unidades mais antigas em contato com as mais jovens. Esse aspecto deve ser considerado em uma análise para prospecção da bentonita, visto que, inicialmente, elas ocorrem como corpos tabulares de grande extensão, mas que, devido às perturbações tectônicas da área, tem-se dificuldade em seguir essas rochas por grandes distâncias.

8 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As metodologias empregadas nos trabalhos de campo e em laboratório permitiram caracterizar a bentonita no contexto mineralógico e geoquímico. No campo estratigráfico, a passagem das formações sedimentares da Bacia do Paraná encontradas na área de estudo compreende o intervalo entre a Formação Irati até a Formação Rio do Rasto de maneira contínua, sem hiatos de deposição ou discordância. Para auxiliar na separação das unidades geológicas, o emprego da mineralogia, especialmente dos minerais de argila, se constituiu numa ferramenta auxiliar eficiente.

8.1 CARACTERIZAÇÃO DA BENTONITA

Mineralogicamente, a bentonita associada à Formação Rio do Rasto se destaca na seqüência de rochas sedimentares como sendo composicionalmente formada por esmectita, sem evidencia ao difratograma de outros minerais (figura 41). Outro aspecto que deve ser salientado é a forte intensidade e a forma simétrica do pico 001 da esmectita que distingue este mineral na bentonita em relação ao mesmo mineral encontrado em outras unidades da seqüência estudada (figura 39). Integrando os dados de análise química, difratometria e espectroscopia de infravermelho, estabelece-se que a esmectita que constitui a bentonita da Formação Rio do Rasto é uma montmorilonita.

De acordo com a composição química (figura 48), a esmectita é muito rica em SiO₂ com baixíssimo conteúdo em Fe₂O₃. Entre os álcalis, MgO e CaO apresentam teores elevados, sendo que o Na₂O é praticamente inexistente. Baseado no teor de cálcio, a fórmula estrutural da montmorilonita apresenta uma elevada participação do Ca na posição interfoliar. Junto com o Al, o Mg tem uma forte participação na posição octaédrica.

As substituições de Si por Al na posição tetraédrica são muito baixas, sendo que a contribuição total da substituição tetraédrica é da ordem de 7% da carga interfoliar total. Os resultados classificam a esmectita de Al-montmorilonita com Ca dominante na posição interfoliar.

SAMPLE	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Total
montmorilonite-Melo (MED5)	50.22	15.19	0.08	1.88	0.03	5.00	2.16	0.05	0.11	-	25.10	99.82

SAMPLE	Si	^{IV} Al	^{VI} Al	Fe ³⁺	Mn	^{VI} Mg	VI cations	Mg int	Ca	Na	K	Tet. Charge	Oct. charge	Layer charge	Inter. Charge	Unbal.
montmorilonite-Melo (MED5)	3.96	0.04	1.37	0.11	0.00	0.52	2.00	0.07	0.18	0.01	0.01	-0.04	-0.52	-0.56	0.52	-0.04
Octahedral charge												92.90%				
Tetrahedral charge												7.10%				

Figura 48. Análise química e fórmula estrutural da esmectita associada com a bentonita da Formação Rio do Rasto (fórmula baseada em O10(OH)2).

8.2 ESTRATIGRAFIA E MINERALOGIA

As Formações Estrada Nova (Formação Serra Alta e Teresina indivisa) e Rio do Rasto apresentaram como mineralogia dominante a esmectita (figura 37). Classicamente, a passagem entre estas unidades esta associada a uma progressiva continentalização e aumento da aridez do ambiente em direção a Formação Rio do Rasto (Milani, 2000).

O levantamento estratigráfico da área de estudo, desde a Formação Irati até a Formação Rio do Rasto, estabeleceu um aumento gradativo da granulometria, passando, nas seqüências da Formação Irati e Estrada Nova, da predominância de folhelhos escuros a cinza até, na identificação no Rio do Rasto, camadas vermelhas constituídas de siltitos e arenitos finos a médios. Na porção basal predominam pacotes espessos de folhelhos com lentes e concreções carbonáticas, passando, junto ao topo, para camadas pouco espessas (raramente atingindo a escala métrica) de arenitos e siltitos. As colorações pretas e cinzas

das unidades predominam até a base da Formação Rio do Rasto (Membro Serrinha), indicando ambientes de sedimentação em condições redutoras.

Somente a partir da Formação Rio do Rasto surgem unidades com cores avermelhadas a brancas, próprias de um ambiente de sedimentação em condições oxidantes. Mineralogicamente, as unidades sotopostas à bentonita e, especialmente, as formadas em condições mais redutoras, se caracterizam pela presença de clorita na fração fina (figura 39).

A camada de bentonita conhecida na região de Aceguá encontra-se dentro de uma seqüência de folhelhos (figura 30), sendo que o comportamento mineralógico do folhelho abaixo da bentonita apresentou diferenças em relação ao folhelho de topo da bentonita (figuras 40 e 42). No folhelho inferior identificam-se picos que são atribuídos a presença de clorita, enquanto o folhelho superior apresenta, entre os minerais da fração fina, somente a esmectita, mantendo um comportamento similar ao da bentonita. A interpretação desta variação na mineralogia esta sendo atribuída a maior contribuição de material detrítico no folhelho sotoposto, enquanto que no folhelho sobreposto tem-se uma maior contribuição de material vulcânico na seqüência.

8.3 DETALHAMENTO GEOLÓGICO

As técnicas de estudo do terreno utilizando os produtos de sensoriamento remoto, especialmente as fotografias aéreas, permite, por meio da estereoscopia, a observação detalhada do terreno. Ao realizar uma análise do relevo, do padrão e textura das drenagens, da reflectância (tonalidade) e dos lineamentos (tectônica), é possível compartimentar a área em unidades morfotectônicas.

Na área de estudo existem desde rochas do embasamento até as coberturas sedimentares pertencentes à Bacia do Paraná, atribuídas ao intervalo entre a Formação Irati até a Formação Rio do Rasto. A dificuldade no campo em separar a Formação Serra Alta da Formação Teresina levou este estudo a adotar a denominação de Formação Estrada Nova, termo consagrado na estratigrafia da Bacia do Paraná no estado do Rio Grande do Sul, cujo significado no projeto é justamente a Formação Serra Alta e a Formação Teresina indivisa.

O objetivo com esta técnica é determinar subunidades em que a participação da argila é maior. Consultando os mapas geológicos da região, a divisão das unidades se dá ao nível das grandes formações, como Formação Rio do Rasto e Formação Estrada Nova (em edições mais antigas) e Formação Serra Alta em edições mais recentes, suprimindo a Formação Teresina. O alvo principal é a Formação Rio do Rasto, portadora da bentonita. A figura 46 apresenta o resultado final deste estudo, grandemente baseado na interpretação das fotografias aéreas, mas, com observações e verificações realizadas durante os trabalhos de campo.

Duas unidades se destacam neste contexto, as unidades denominadas GEO 2 e GEO 3. A unidade GEO 2 apresenta características de um substrato de composição siltica a arenosa, enquanto a unidade GEO 3 se destaca pela composição mais argilosa (argilo-siltosa). A unidade GEO 3, identificada mais a sul da área, corresponde a folhelhos cinzas e folhelhos e siltitos avermelhados, corresponde ao intervalo entre o Membro Serrinha Inferior e o Serrinha Superior, portanto de alto interesse para a avaliação da presença de bentonita. A unidade GEO 3, localizada na porção mais a norte da área de estudo, é uma unidade de folhelhos, porém, sem interesse para a prospecção de bentonita devido ao fato de esta área pertencer a Formação Irati e Estrada Nova.

Da mesma forma, a unidade GEO 2, localizada na porção sul da área, corresponde ao Membro Serrinha Superior, de grande interesse para a prospecção de bentonita e onde se localiza a única ocorrência conhecida desta rocha na região de Aceguá.

Os trabalhos de campo foram direcionados para estas duas áreas definidas neste estudo como portadoras de maior potencialidade dentro da Formação Rio do Rasto. Embora o tempo para a realização dos trabalhos de campo tenha sido limitado, foi possível identificar na unidade GEO 3 a presença de um novo nível de bentonita, mostrando a potencialidade da técnica empregada.

8.4 AVALIAÇÃO DOS TIPOS DE SOLOS

O mapeamento das principais unidades de solos do Rio Grande do Sul (Streck et al, 2002) evidenciou uma particularidade da área de Aceguá dentro do cenário do estado: A identificação de um tipo de solo raro no estado, denominado de vertissolo (figura 47). Este solo possui como característica principal a elevada capacidade de troca de cátions (CTC)

devido à presença de argilas do grupo das esmectitas. São solos que apresentam gretas de contração e rachaduras durante o período de seca devido à contração das esmectitas com a perda de água interfoliar. Trata-se de solos evoluídos a partir de substratos com composição esmectítica, portanto, altamente favoráveis a presença de bentonita quando associados com a área de ocorrência da Formação Rio do Rasto (figura 49).



Figura 49. Perfil de solo vertissolo na região da área de estudo. A presença deste tipo de solo se constitui num dos critérios para a prospecção de bentonita na região.

8.5 AVALIAÇÃO DOS LINEAMENTOS

O levantamento dos lineamentos observados na região (figura 48) é importante para a prospecção de bentonita, porque irá interferir na estratigrafia e na determinação de áreas soerguidas ou abatidas, definindo blocos tectônicos. Observa-se que as unidades morfotectônicas da área são limitadas por lineamentos, interpretados como falhas que movimentaram os blocos, o que gera dificuldade para a correlação estratigráfica por grandes distâncias. Outra possibilidade advinda desta técnica é a interpretação que a unidade GEO 3 ao sul represente um bloco com maior soerguimento em relação a unidade GEO 2, e que o nível de erosão atual provavelmente removeu, com maior intensidade, grande parte da seqüência que continha a Formação Rio do Rasto, restando nesta área o

predomínio do Membro Serrinha Inferior. Estas observações são importantes para o prospector, pois indica a dificuldade de acompanhar um nível de bentonita através de grandes áreas.

8.6 CONCLUSÕES FINAIS

Por meio das metodologias utilizadas nesse projeto, chega-se a conclusão de que a esmectita que constitui a bentonita da formação Rio do Rasto é uma Al-montmorilonita com Ca dominante na posição interfoliar. Sendo uma rocha monominerálica formada por esmectita, a bentonita apresentará potencialidade econômica desde que volumes maiores ao conhecido na área sejam descobertos para que a região tenha condições de atrair empreendedores na mineração.

Avaliou-se também, alguns guias prospectivos com possibilidade de serem utilizados para a definição de áreas com potencialidade em conter bentonita. Entre os critérios, citam-se os de natureza estratigráfica, que colocam a bentonita dentro da Formação Rio do Rasto, especialmente no intervalo do Membro Serrinha Superior. Sendo as unidades basais da Formação Rio do Rasto formadas por seqüências onde dominam os pelitos, o emprego de técnicas de classificação do terreno através do sensoriamento remoto é importante. Com essa técnica, áreas mais favoráveis contendo pelitos foram separadas de áreas dentro da Formação Rio do Rasto formadas por arenitos, com menor probabilidade de conter bentonita aflorante.

Outro critério que auxilia na identificação da esmectita é o solo do tipo vertissolo, pela sua ligação genética com argilas expansivas. Por fim, a análise dos lineamentos por meio das técnicas de sensoriamento remoto auxiliaram no entendimento das perturbações pós deposicionais relacionadas à falhamentos. Assim, na prospecção de camadas de bentonita deve ser considerado o comportamento tectônico, responsável pelo soerguimento e rebaixamento de blocos que de acordo com o nível de base da região foram preservados com a bentonita ou erodidos completamente. O emprego das técnicas sugeridas permitiu estabelecer áreas preferenciais para detectar bentonita dentro da região escolhida para o projeto, tendo-se inclusive identificado um nível não conhecido de bentonita dentro das áreas identificadas com maior potencialidade (Unidade GEO 3 do setor sul – Formação Rio do Rasto).

REFERÊNCIAS

- Aboarrage, A. M. & Lopes, R. da C. (1986). *Projeto A borda leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica; relatório final*. São Paulo/Porto Alegre: DNPM/CPRM, 18v.
- Andreis, R., Leguizamón, R. R., & Archangelsky, S., (1986). *El Paleovalle de Malazán: nuevos criterios para la estratigrafía del Neopaleozoico de la Sierra de Los Llanos, La Rioja*. Republica Argentina. Boletín Academia Nacional de Ciencias V. 57, p. 2-122.
- Barbosa, O. & Gomes, F.A. (1958). *Pesquisa de petróleo na Bacia do Rio Corumbatai, Estado de São Paulo*. Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 171, 40p.
- Bossi, J., Ferrando, L., Montaña, J., Campal, N., Morales, H., Gancio, F., Schipilov, A., Piñeyro, D. & Sprechmann, P. (1998). *Carta geológica del Uruguay*. Montevideo. Facultad de Agronomía. Escala 1:500.000.
- Calarge L., Meunier A. & Formoso M.L.L. (2003). *A bentonite bed in the Acegua (RS, Brazil) and Melo (Uruguay) areas: a highly crystallized montmorillonite*. Journal of South American Earth Sciences, in press.
- Calarge, L. M. *Estudo Mineralógico e Geoquímico de Bentonitas do Sul da Bacia do Paraná (Aceguá, Brasil e Melo, Uruguai)*. (2001). 115 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências-UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Calarge, L.M., Meunier, A., Lanson, B. & Formoso, M.L.L. (2006). *Chemical Signature of two Permian volcanic ash deposits within a bentonite bed from Melo, Uruguay*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 78(3). p. 525 -541.
- EMBRAPA - CNPS. (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 306 p.
- Gomez, C., Heinze, V. & Theune, C. (1980). *Informe sobre las arcillas montmorilloníticas en Bañado de Medina (departamento de Cerro Largo)*. Relatório Inédito – Dirección Nacional de Minería y Geología – Montevideo.
- Goñi, J.C. (1952). *Estudo mineralógico de algumas argilas do Uruguai*. In: Congresso Internacional de Geologia, 19, 1952, Argel, Anais ... Argel, CIPEA. v. 38. p. 47 - 56.

Gordon JR, M. (1947). *Classification of the Gondwanic rocks of Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. DNPM Div. Geol. Min., Notas Prel. e Estudos, v.38, p.1-19.

Menezes, J.R.C. (2000). *Estratigrafia do Neopermiano da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul*. In: Holz, M., De Ros, L.F. (Eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*, CIGO-UFRGS, 323-334.

Milani, E.J., (2000). *Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana sul-oriental e a Evolução Geológica da Bacia do Paraná*. In: Holz, M., De Ros, L.F. (Eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*, CIGO-UFRGS, p. 275-30

Moraes Rego, L.F. (1930). *A geologia do petróleo no Estado de São Paulo*. B. Serv. Geol. Mineral Bras. Rio de Janeiro : Serv. Geol. Mineral. Brasil. , 110 p. (Boletim nº 46).

Pintaúde, D.A. & Formoso, M.L.L. (1972). *Ocorrência de argila montmorilonítica em Aceguá-RS*. Porto Alegre: Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul. 40 p., (Boletim, 57).

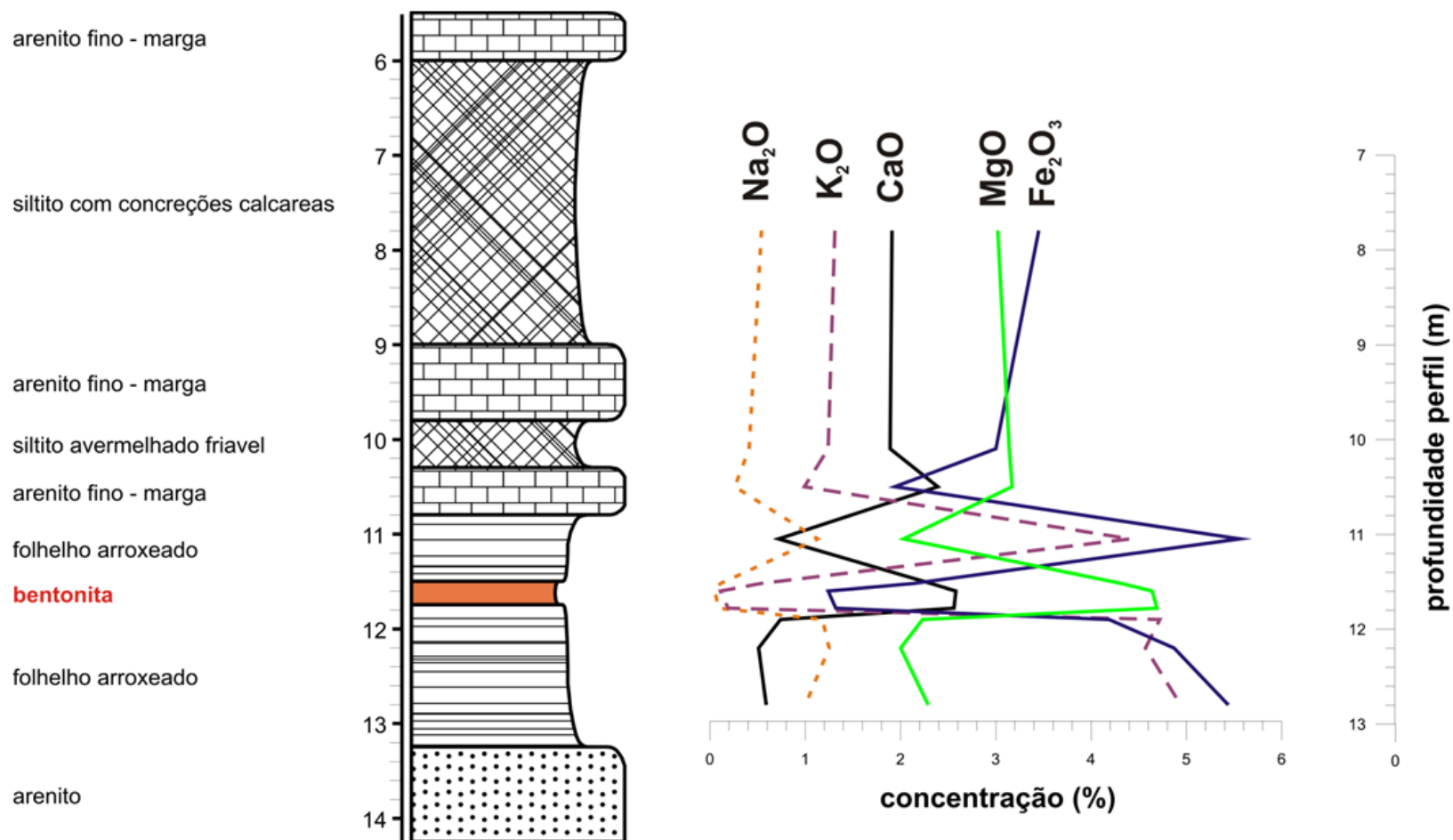
Schneider, R. L., Muhlmann, H., Tomasi, E., Medeiros, R. A., Daemon, R. F. & Nogueira, A. A. (1974). *Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná*. In: Congresso Brasileiro de Geologia 28, Porto Alegre. Anais... v.1, p. 41-49

Streck, E.V., Kampf, N., Dalmolin, R.S.D., Klamt, E., Nascimento, P.C. & Schneider, P. (2002). *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 107 p.

White, I. C. (1908). *Relatório Final. Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil*. Rio de Janeiro, vol.1, 300p.

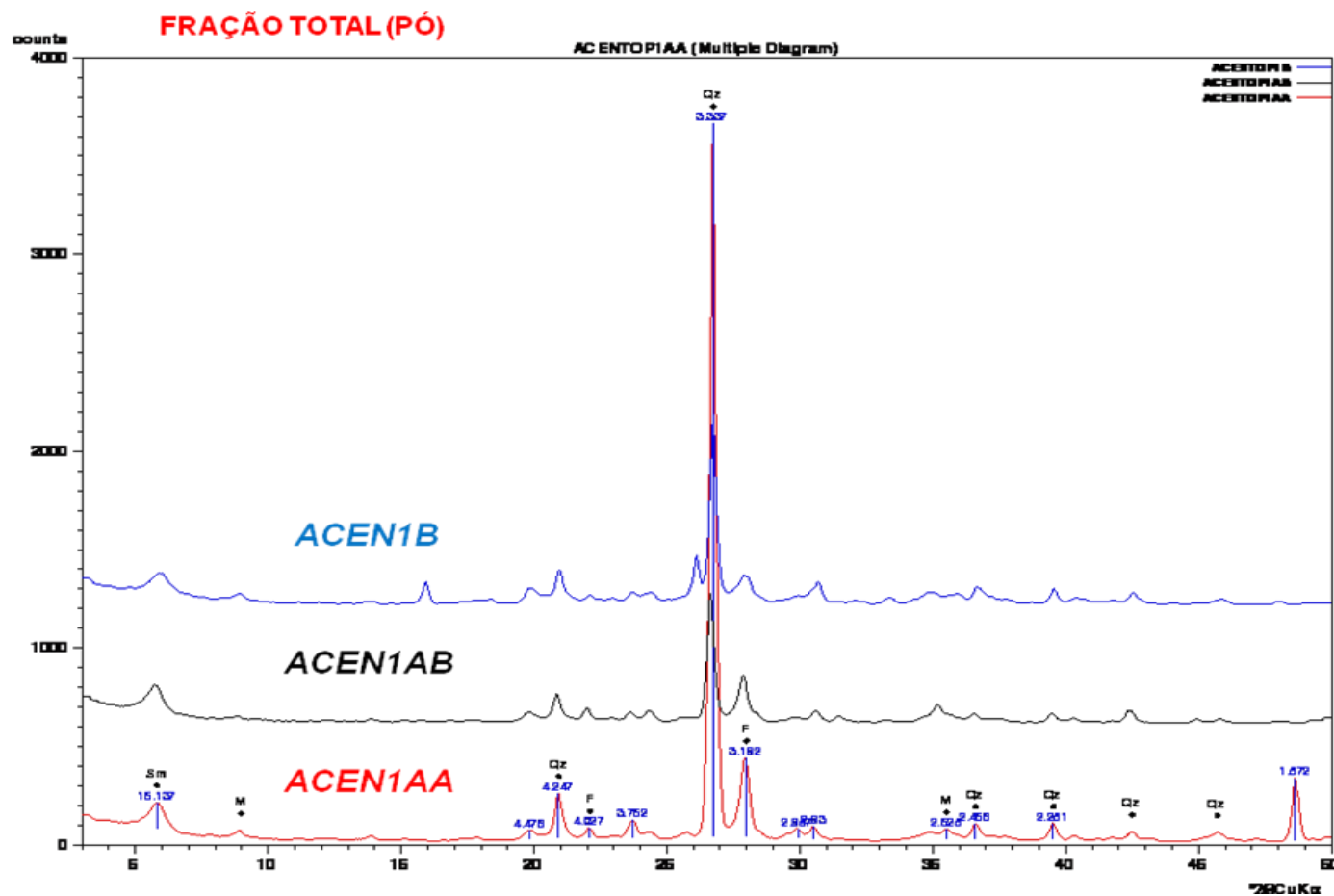
Wildner, W; Ramgrag, G. E.; Lopes R. da C.; Iglesias, C. M. da F. (2006). *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul*. 1:750000. CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Porto Alegre, RS.

APÊNDICE I – Resultados obtidos pelo método de análise química.

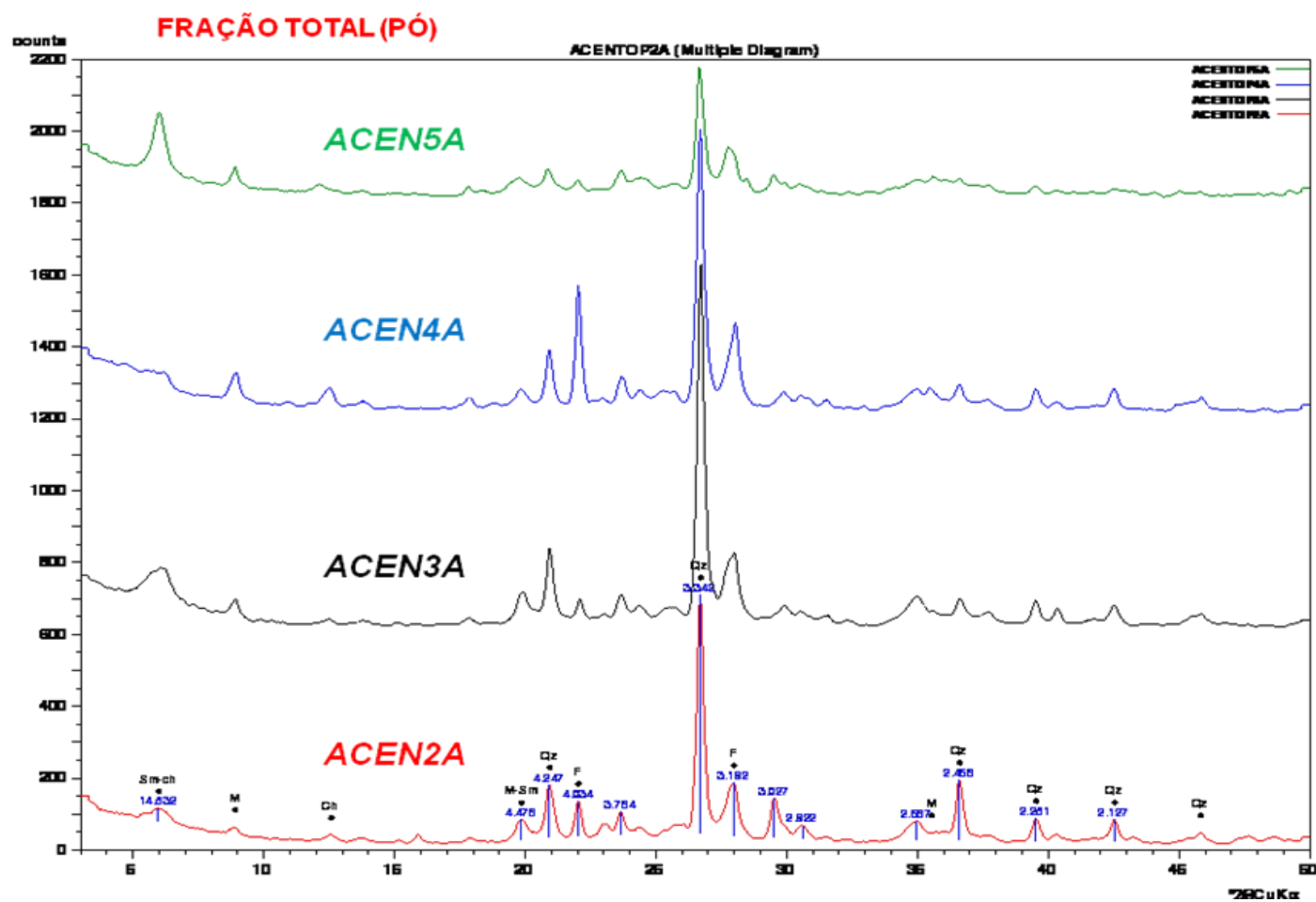


Coluna estratigráfica representativa das amostras coletadas na região de Aceguá e seus principais elementos químicos constituintes.

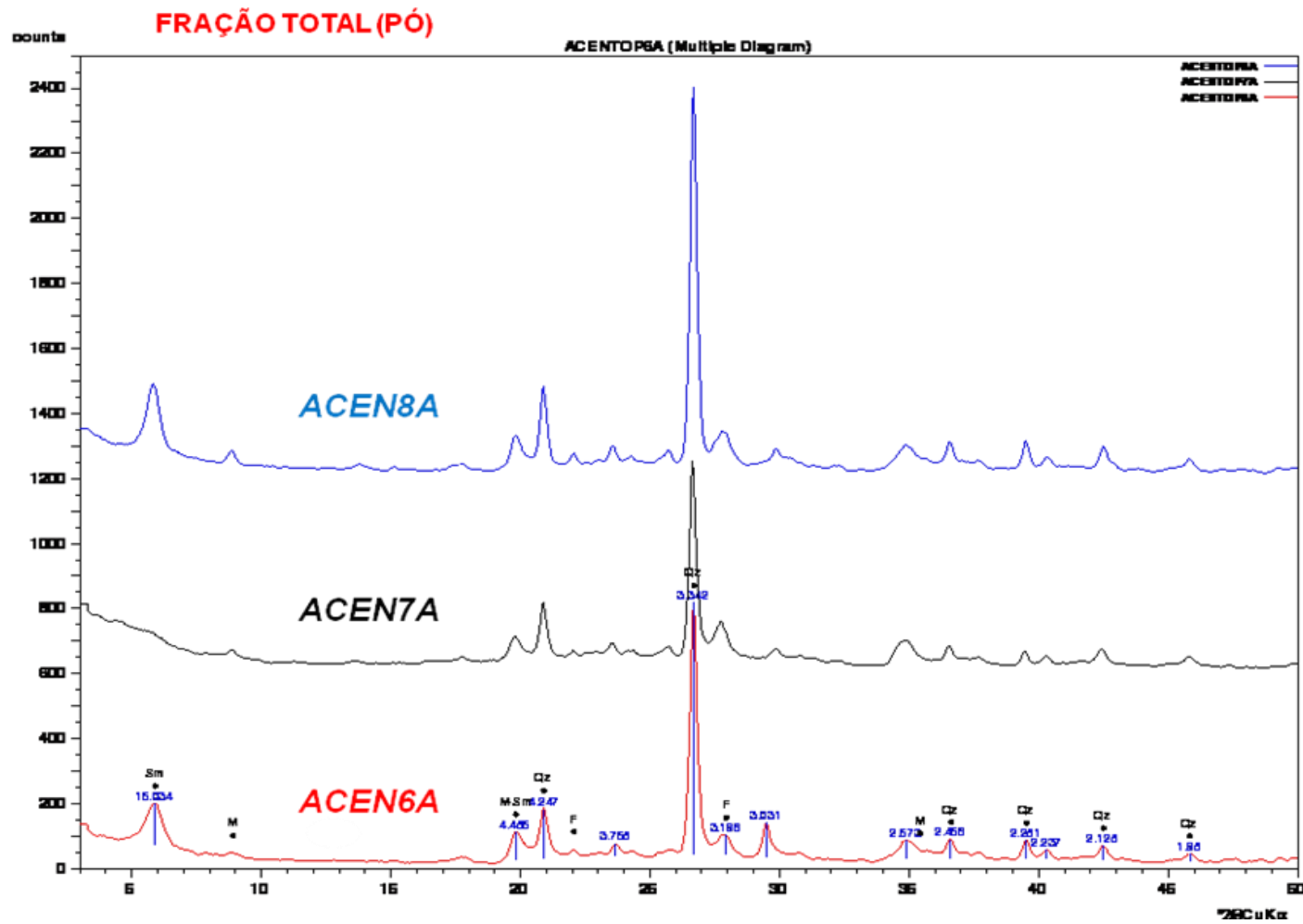
APÊNDICE II – Resultados obtidos pelo método da difratometria de raios X.



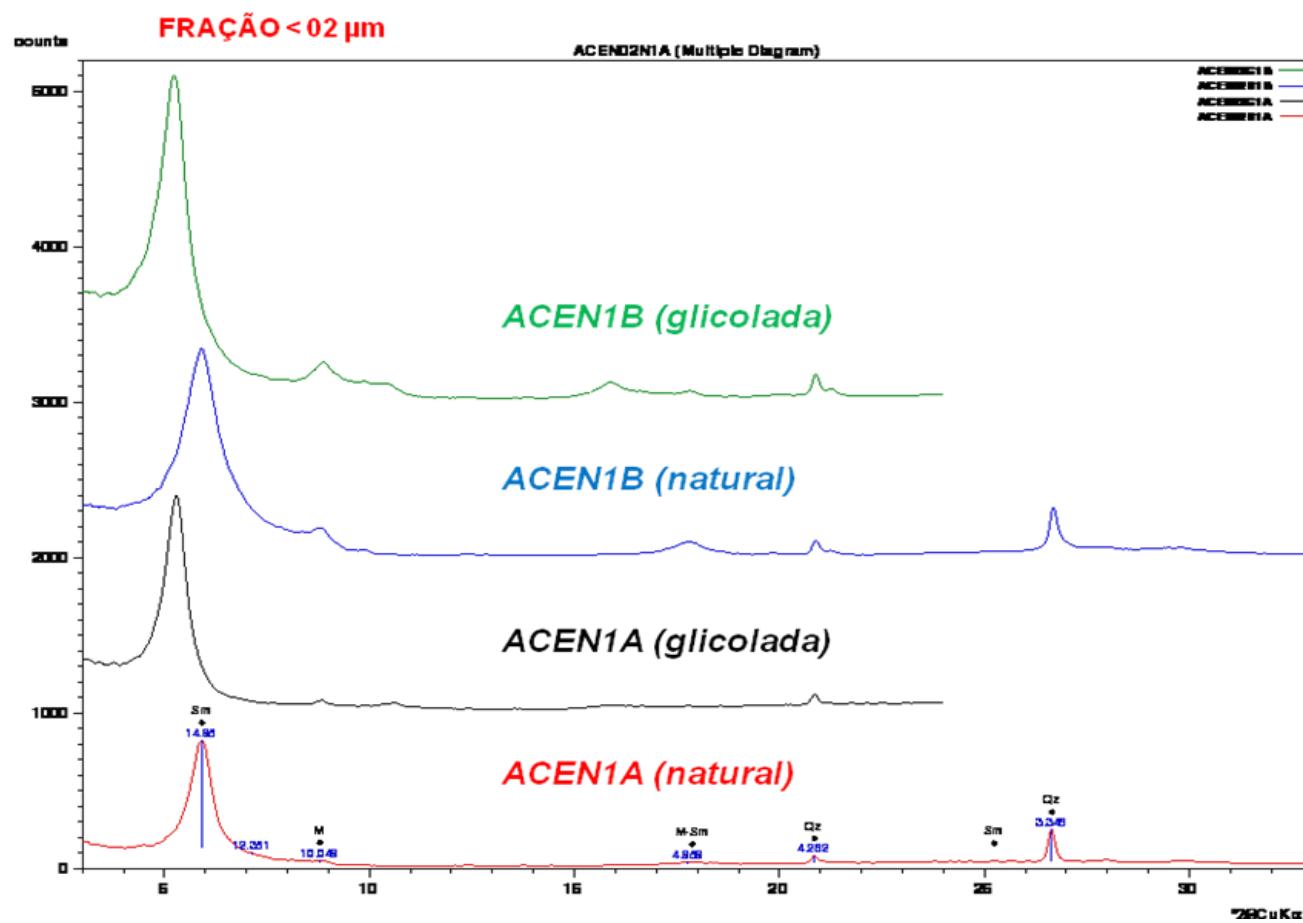
Difratometria das amostras ACEN1AA, ACEN1AB e ACEN1B obtidas pelo método pó em análise em rocha total mostrando a presença de esmectita (Sm) mal cristalizada, pouca mica (M), muito quartzo (Qz) e pouco feldspato (F).



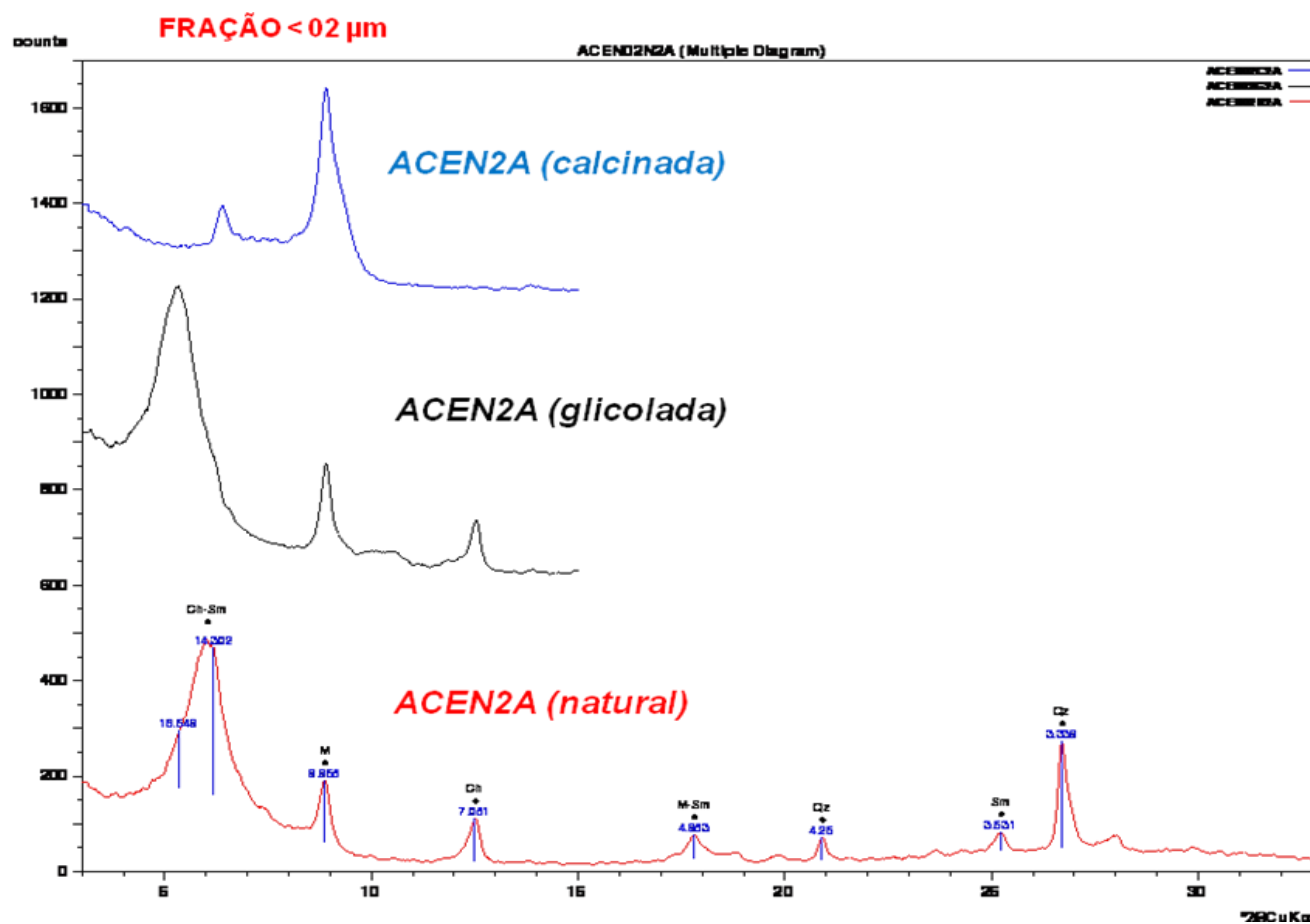
Difratometria das amostras ACEN2A, ACEN3A, ACEN4A e ACEN5A indicando a presença de clorita (Ch), pouca esmectita (Sm), micas (M), feldspato (F) e quartzo (Qz).



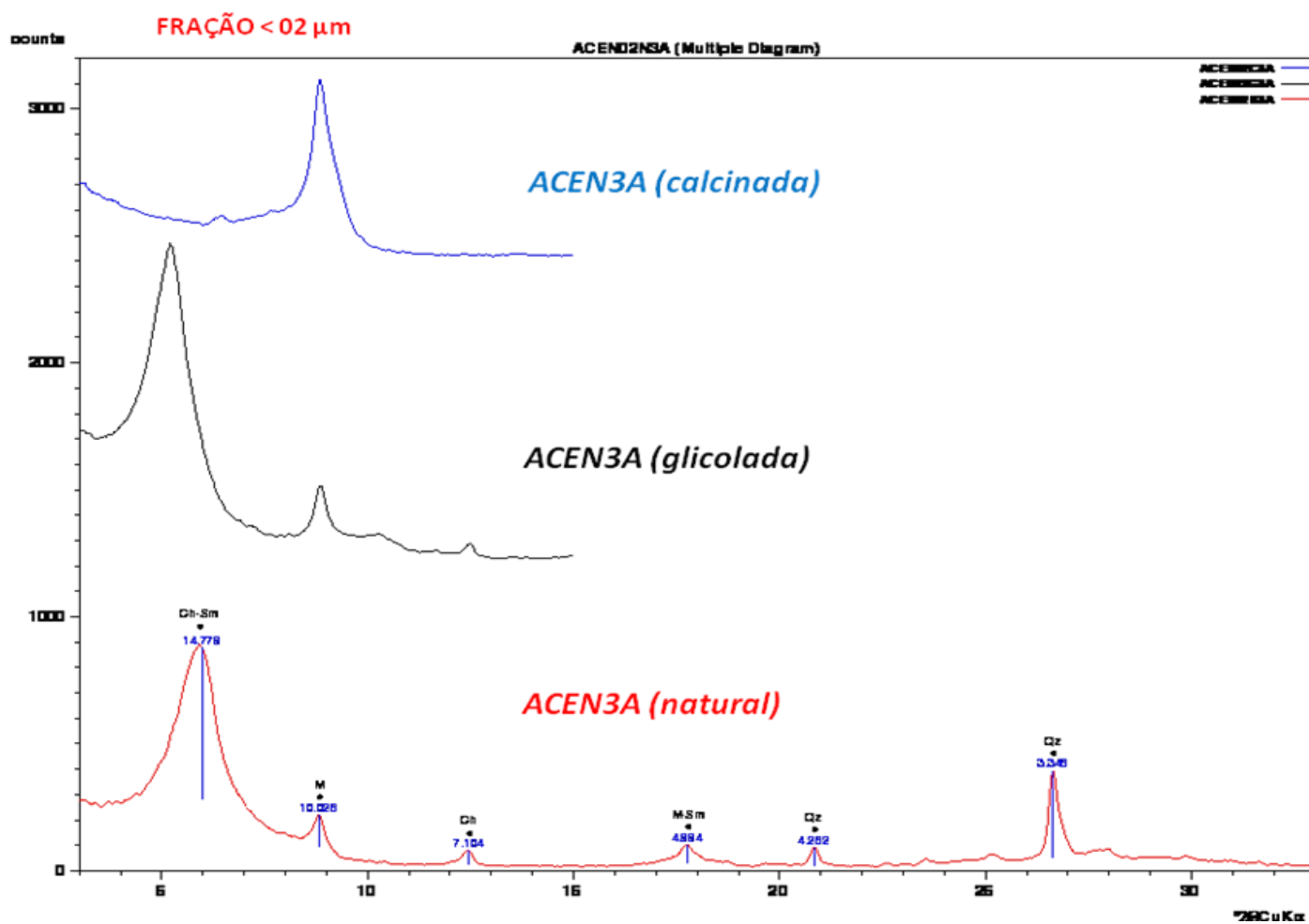
Difratometria das amostras ACEN6A, ACEN7A e ACEN8A indicando a presença de esmectita (*Sm*) nas amostras ACEN6A e ACEN8A, micas (*M*), feldspato (*F*) e quartzo (*Qz*).



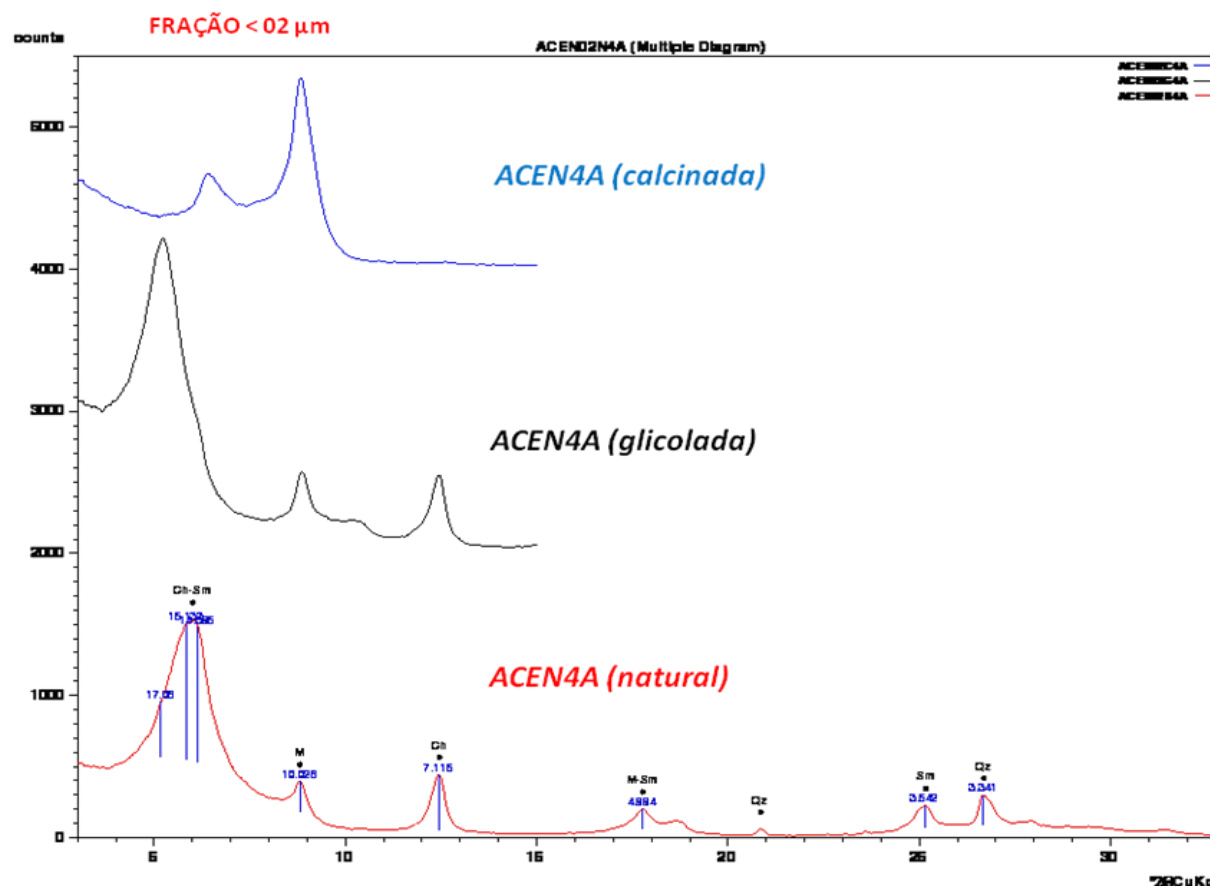
Difratometria das amostras ACEN1A e ACEN1B pelos métodos de análise orientada natural e orientada glicolada. É possível observar nas duas amostras a presença de esmectita (Sm), micas (M) e quartzo (Qz). Em ambas as amostras, ao ser tratada com etileno glicol, o pico da esmectita (14,980Å) se desloca, evidenciando a presença de argilominerais expansivos.



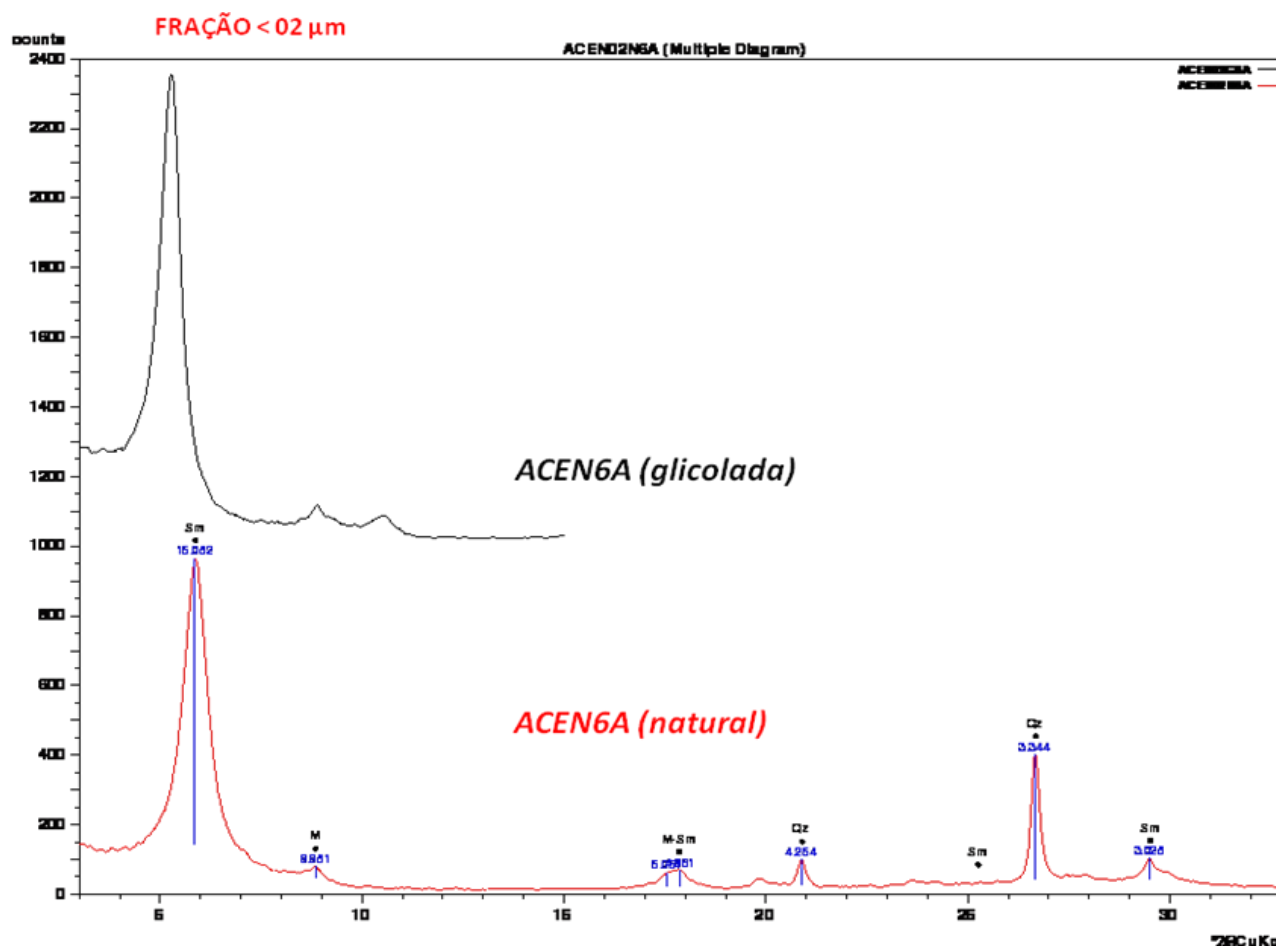
Difratometria da amostra ACEN2A pelos métodos de análise orientada natural, orientada glicolada e calcinada. É possível observar a presença de clorita (Ch), esmectita (Sm), micas (M) e quartzo (Qz). Ao passar pelo processo de calcinação, o pico da esmectita foi destruído, deixando evidente a presença do pico da Clorita.



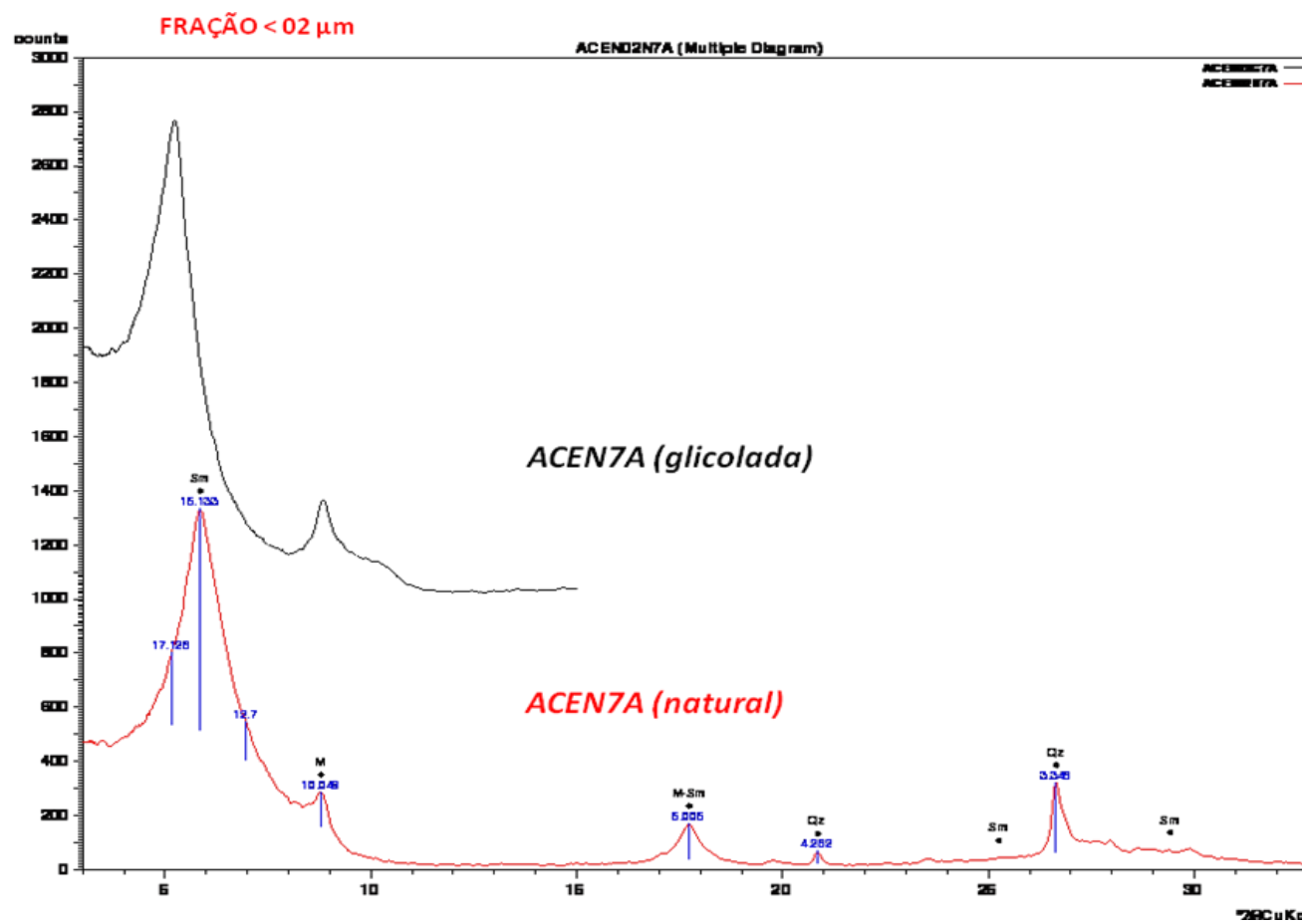
Difratometria da amostra ACEN3A pelos métodos de análise orientada natural, orientada glicolada e calcinada. É possível observar a presença de clorita (Ch), esmectita (Sm), micas (M) e quartzo (Qz).



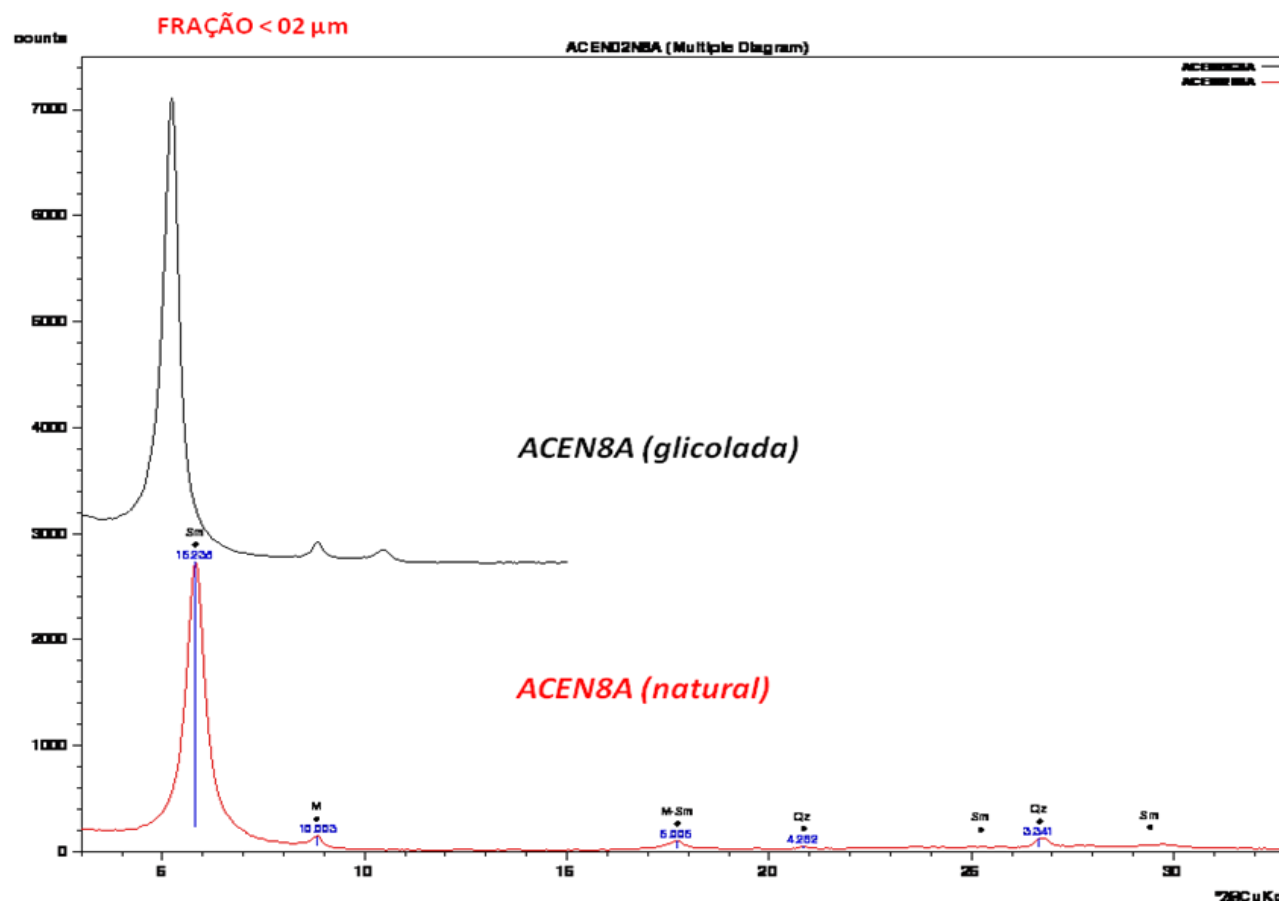
Difratometria da amostra ACEN4A pelos métodos de análise orientada natural, orientada glicolada e calcinada. É possível observar a presença de clorita (Ch), esmectita (Sm), micas (M) e quartzo (Qz). Ao ser tratada com etileno glicol, o pico da esmectita se desloca, evidenciando a presença de argilominerais expansivos e, ao passar pelo processo de calcinação, esse mesmo pico é destruído, restando apenas o pico correspondente à clorita.



Difratometria da amostra ACEN6A pelos métodos de análise orientada natural e orientada glicolada. É possível observar a presença de esmectita (Sm), micas (M) e quartzo (Qz). Ao ser tratada com etileno glicol, o pico da esmectita se desloca, confirmando a presença de argilominerais expansivos.



Difratometria da amostra ACEN7A pelos métodos de análise orientada natural e orientada glicolada. É possível observar a presença de esmectita (Sm), micas (M) e quartzo (Qz). Assim como as demais amostras, ao ser glicolada, o pico correspondente à esmectita se desloca, confirmando a presença de argilominerais expansivos.



Difratometria da amostra ACEN8A pelos métodos de análise orientada natural e orientada glicolada. É possível observar a presença de esmectita (Sm), micas (M) e pouco quartzo (Qz). Ao ser tratada com etileno glicol, o pico da esmectita se desloca, indicando a presença de argilominerais expansivos