

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



**Aplicação da técnica de infravermelho
na identificação e caracterização da
mineralogia nos sedimentos
carbonáticos em testemunho do
Arquipélago de Abrolhos,
Estado da Bahia**

ALESANDRA COELHO FARIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

2008



APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE INFRAVERMELHO NA IDENTIFICAÇÃO E
CARCTERIZAÇÃO DA MINERALOGIA NOS SEDIMENTOS CARBONÁTICOS EM
TESTEMUNHO DO ARQUIPÉLAGO DE
ABROLHOS - ESTADO DA BAHIA.

Alesandra Coelho Farias

Monografia submetida ao Curso de Graduação
em Geologia, Instituto de Geociências, da
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, como requisito necessário para
obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

José Carlos Sícoli Seoane, D.Sc.

Co-orientador:

Renato Campello Cordeiro, D.Sc.

Rio de Janeiro
Julho de 2008

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE INFRAVERMELHO NA IDENTIFICAÇÃO E
CARCTERIZAÇÃO DA MINERALOGIA NOS SEDIMENTOS CARBONÁTICOS EM
TESTEMUNHO DO ARQUIPÉLAGO DE
ABROLHOS - ESTADO DA BAHIA.

Alessandra Coelho Farias

Orientador: José Carlos Sícoli Seoane, D.Sc.
Co-orientador: Renato Campello Cordeiro, D.Sc.

Monografia submetida ao Curso de Graduação em Geologia, Instituto de
Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito
necessário à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Aprovada por:

Presidente: Prof. Dr. José Carlos Sícoli Seoane, UFRJ

Prof^a. Dr^a. Cátia Fernandes Barbosa, UFF

Prof^a. Dr^a. Cícera Neysi de Almeida, UFRJ

Rio de Janeiro
Julho de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Consultar a Biblioteca Central do CCMN

*“Aos meus amados pais Maurício e
Elisabete e meus irmãos Andréa e Bruno
por todo amor e apoio na luta pelo meu
sonho. E aos meus amigos Liliane, Talita,
Itamar e André, cuja amizade se mostrou
sempre presente em minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre manter minha fé firme e inabalável contra todos os obstáculos encontrados em minha vida.

Aos meus pais, Elisabete e Maurício, por acreditarem em mim, torcerem e vibrarem com as minhas conquistas, se dedicarem em todos os momentos, me escutarem todas as horas que falei e principalmente me amarem acima de tudo.

A minha irmã e amiga Andréa, pelo exemplo de perseverança e inteligência e sem dúvida por me ensinar que para se ter um futuro brilhante basta estudar, aprender e executar.

A meu irmão Bruno que sempre quando retornava das minhas viagens de campo me recebia sempre com lágrimas no rosto e com um abraço inesquecível.

A meus avôs Maria e Antero, por todo apoio e carinho que me dedicam até hoje.

Ao meu amor Eduardo, que suportou todos os dias sem poder vê-lo, além da paciência nos dias de muito estresse, mas principalmente pelo amor carinho e companheirismo que vem me demonstrando nesse período da minha vida.

A meus amigos e companheiros de todas as loucuras da graduação, de convívio em sala, dos campos inesquecíveis, de muito amor, dedicação, amizade e muitas gargalhadas, Liliane Ferreira, Itamar Pereira, Carlos André, Talita Azevedo, Hugo Pólo, Débora Barros, Alessandra Sivertsen, Filipe Modesto, Aline Nogueira e Gerson Firmino.

A minha amiga Liliane Ferreira, por suas piadas, cantorias e palhaçadas que tanto me alegraram em momentos difíceis durante a faculdade.

Ao meu amigo Itamar, que tinha uma paciência comigo, sempre disposto a escutar todos os meus problemas, no qual muito me ajudou com sua amizade.

A minha amiga Talita, ou “Tatá”, sempre centrada e confiante em tudo que faz, mostrou-se uma amiga fiel e sempre pronta a ajudar, porém mesmo apesar da distância, eu sei que esta torcendo por mim assim como eu por ela..

Ao meu orientador e amigo Prof. D.Sc. José Carlos Sícoli Seoane, por todos os e-mails e telefonemas, pelo auxílio, puxões de orelha, plantão tira-dúvidas, discussões em qualquer momento, até quando o atrapalhava e por todo auxílio científico, técnico e profissional no desencadear desse trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. D.Sc. Renato Campello Cordeiro (UFF) pela possibilidade de desenvolver este trabalho na UFF e pela colaboração científica e tecnológica.

Aos amigos do Lab. de Sedimentologia (UFF), em especial a Monike Sirqueira e Carlos, pela ajuda na preparação das minhas amostras. Ao Gerson, Ivaga, Marcela e Renato, por toda ajuda nas demais etapas do meu trabalho na UFF.

As amigas Carine Machado de Almeida e Patrícia de Oliveira Silva e Débora Desidério, por toda ajuda e informações cedidas para o desenvolver do meu trabalho.

A todos os professores da Geologia (UFRJ) e professores da Geoquímica (UFF), por me transformarem em uma profissional melhor e por terem me dado todas as condições para desenvolver este trabalho.

RESUMO

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE INFRAVERMELHO NA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA MINERALOGIA NOS SEDIMENTOS CARBONÁTICOS EM TESTEMUNHO DO ARQUIPÉLAGO DE ABROLHOS - ESTADO DA BAHIA.

Alessandra Coelho Farias

Orientador: D.Sc. José Carlos Sícoli Seoane.
Co-orientador: Renato Campello Cordeiro, D.Sc.

Monografia submetida ao Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

O complexo recifal de Abrolhos abrange uma área de aproximadamente de 6.000 km² na parte norte do banco. O Banco de Abrolhos trata-se de um alargamento da plataforma continental leste brasileiro que possui uma largura média de 50 km. O arquipélago de Abrolhos fica a 60 km a leste da cidade de Caravelas e localizado na Bacia Sedimentar de Mucuri. A mineralogia foi o principal instrumento de estudo desse trabalho, buscando obter um melhor ajuste dos dados às condições geoquímicas do ambiente deposicional e assim poder estudar a evolução do mesmo. Foi estudada a região do infravermelho médio, onde ocorrem as transições fundamentais, são assim chamadas porque a molécula passa do estado fundamental (ou de menor energia) para o estado excitado imediatamente superior. Através das análises por espectrometria de infravermelho, ficaram definidos os principais minerais que ocorrem nos sedimentos do testemunho, são eles os carbonatos como a aragonita, calcita e dolomita, os argilominerais como a caolinita, illita e esmectitas, e o grupo da sílica como o quartzo e a sílica amorfa. Os pulsos de caolinita foram interpretados como sendo principalmente de sedimentos resultantes da hidrólise parcial dos feldspatos, tendo como principal área fonte as próprias rochas vulcânicas das Ilhas do Arquipélago de Abrolhos. A mineralogia em geral indica deposição em ambiente de plataforma carbonática, com granulometria classificada como texturalmente como silte arenoso, predominando a deposição de calcita sobre aragonita, com períodos de redução dos carbonatos, devido a um maior aporte de terrígenos em direção ao topo.

Palavras-chave: Arquipélago de Abrolhos, mineralogia, infravermelho, Bacia do Espírito Santo

ABSTRACT

APPLICATION OF THE INFRARED TECHNIQUE IN MINERALOGICAL DETECTION AND CHARACTERIZATION OF CARBONATE SEDIMENTS IN CORE FROM THE ABROLHOS ARCHIPELAGO - STATE OF BAHIA, BRAZIL

Alessandra Coelho Farias

Supervisor: D.Sc. José Carlos Sícoli Seoane.
Co-supervisor: D.Sc. Renato Campello Cordeiro.

*Abstract: Monograph submitted for the degree of Bachelor of Sciences in
Geology at the Geosciences Institute, Federal University of Rio de Janeiro – UFRJ.*

The Abrolhos Complex reef covers an area of approximately 6.000 square kilometers in the northern part of the bank. The Abrolhos Bank is an extension of the continental east shelf of Brazil which is about 50 km wide. The archipelago of Abrolhos is located 60 km east from the city of Caravelas in the Mucuri Sedimentary Basin. Mineralogy was the main instrument of study of this work, trying to evaluate the depositional environment and geochemical conditions, and thus study its evolution. It studied the medium infrared region, where the fundamental transitions occur; so named because the molecule passes the fundamental state (of lower energy) for the excited state immediately superior. Through analysis by infrared spectrometry, the main minerals that occur in the sediments of the testimony were defined, they are carbonates as: aragonite, calcite and dolomite; clays: kaolinite, illite and smectite and the group of quartz and amorphous silica. The pulses of kaolinite were interpreted as being mainly from sediments resulting from the partial hydrolysis of plagioclase, where the main source is the volcanic rock from the Abrolhos archipelago. The mineralogy indicates the general environment of deposition in a carbonate platform, classified as sandy-silt for texture, mainly the deposition of calcite and aragonite, with periods of reduced carbonate sedimentation, due to a greater intake of terrigenous sediments towards the top.

Keywords: Abrolhos Archipelago, mineralogy, infrared spectrometry, Espírito Santo Basin.

SUMÁRIO

<i>AGRADECIMENTOS</i>	IV
<i>RESUMO</i>	V
<i>ABSTRAT</i>	VI
<i>SUMÁRIO</i>	VII
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	VIII
<i>LISTA DE TABELAS</i>	VIII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	1
3 ÁREA DE ESTUDO	2
4 METODOLOGIA	20
4.1 TRABALHOS PRÉVIOS	20
4.1.1 Coleta	20
4.1.2 Abertura do testemunho	20
4.1.3 Descrição do testemunho	21
4.1.4 Densidade Aparente	22
4.1.5 Granulometria	24
4.1.5.1 Diâmetro Médio	24
4.1.5.2 Curtose	26
4.1.5.3 Gral de Seleção	28
4.1.5.4 Assimetria	29
4.1.5.5 Curvas e Frequência Granulométrica	31
4.1.6 Mineralogia	32
4.2 PREPARAÇÃO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS	34
5 RESULTADOS E DISCURSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
6 ANEXOS-	55
6.1 TABELA DOS DADOS MINERALÓGICOS	55
6.2 TABELA DOS TEORES MINERALÓGICOS	56
6.3 ESPECTROS	57

Lista de Figuras

Figura 1- Mapa de localização do ponto de amostragem na área de estudo.	3
Figura 2- Foto aerea do arquipélago, com vista para o local de amostragem.	5
Figura 3- Localização dos recifes de corais estudados na costa sul (região de Abrolhos) no estado da Bahia	6
Figura 4- Principais tipos de recifes da região de Abrolhos.	8
Figura 5- Diagrama esquemático mostrando a morfologia dos recifes.	8
Figura 6- Mapa geológico com modelo para arcabouço tectono-magmático da região de Abrolhos.	12
Figura 7- Coluna estratigráfica mostrando uma seção tipo da Formação Abrolhos	13
Figura 8- Afloramento típico das ilhas, com camadas de basalto (tálus) cobrindo rochas sedimentares.	14
Figura 9- Mapa geológico mostrando a distribuição das rochas vulcânicas e principais feições estruturais.	15
Figura 10- Carta estratigráfica da Bacia do espírito Santo – Mucuri.	16
Figura 11- Distribuição de sedimento de fundo da área dos recifes de Abrolhos.	17
Figura 12- Composição do sedimento acumulado na base dos recifes da região de Abrolhos.	19
Figura 13- Procedimento da abertura do testemunho.	21
Figura 14- Fotomontagem do testemunho com os resultados das datações.	23
Figura 15- Diagramas dos dados de granulometria, densidade aparente, teor de carbonatos.	25
Figura 16- Diagrama textural triangular areia-silte-argila com as amostras plotadas.	26
Figura 17- Situações de curtose de um conjunto.	27
Figura 18- Exemplos de tipos de seleção.	28
Figura 19- Gráfico representativo das curvas ou distribuição de frequência simétrica e assimétrica.	30
Figura 20- Diagrama de teor mineralógico, correlacionando a mineralogia com a granulometria.	33
Figura 21- Alguns equipamentos de laboratório usados no trabalho.	36
Figura 22- Macerador elétrico Specamill e cápsula de ágata.	37
Figura 23- Esquema simplificado da montagem do pastilhador.	38
Figura 24- Bomba a vácuo e prensa hidráulica manual de marca Perkin Elmer.	38
Figura 25- Espectrômetro de infravermelho de marca Perkin Elmer , modelo Spectrum 1000.	40
Figura 26- Janela do software Spectrum.	41
Figura 27- Janela do software MATLAB 7.0 com a programação Quanti Spectres FTIRI V4.1	41
Figura 28- Curva interpoladora com os dados de datação do testemunho do Arquipélago de Abrolhos.	42
Figura 29- Gráfico com os teores de todos os carbonatos plotados	44
Figura 30- Assinaturas espectrais de infravermelho selecionadas ao longo do testemunho.	44
Figura 31- Espectro do nível 152-154 cm mostrando o aumento da aragonita em relação a calcita.	45
Figura 32- Diagrama de teor mineralógico, correlacionando as mineralogias com a granulometria	46
Figura 33- Curva de variações do nível relativo do mar construída para a região de Salvador.	49
Figura 34- Taxa de sedimentação interpolada no spline mostrando os picos de caolinita	50

Lista de tabelas

Tabela1- Temperatura média,precipitação média,percentual de ventos, intensidade de ventos e calmaria	10
Tabela2- Tabela de classificação de curtose .	27
Tabela3- Classificação do gal de seleção	29
Tabela4- Classificação de assimetria	30
Tabela5- Tabela com os resultados das datações de ¹⁴ C.	46

2. INTRODUÇÃO

O Banco dos Abrolhos abriga a Área de Proteção Ambiental Estadual Ponta da Baleia/Abrolhos, o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, a Reserva Extrativista Marinha do Corumbau e, no limite norte, o Parque Municipal do Recife de Fora. Essas unidades de conservação são responsáveis pela proteção de 84 % das espécies de corais e hidrocorais do Brasil. O mesmo abrange a mais extensa área de recifes de coral do Brasil, inclusive de todo Atlântico Sul, (Souza *et al.*, 2007).

Segundo (Leão e Kikuchi,1999), apesar dos poucos estudos, o complexo de Abrolhos tem grande importância científica devido as suas características distintivas com respeito a sua morfologia, forma de crescimento, à fauna coralina construtora e o seu cenário deposicional, que se dá em um ambiente lamoso considerado inóspito, onde sedimentos siliciclásticos e carbonáticos aparecem associados, ocorrendo uma interação entre um sistema recifal e uma sedimentação terrígena.

A mineralogia foi o principal instrumento de estudo desse trabalho, buscando obter um melhor ajuste dos dados às condições geoquímicas do ambiente deposicional e assim poder estudar a evolução do mesmo.

1. OBJETIVO

Neste trabalho objetiva-se o estudo espectroscópico, na região do infravermelho, identificando e caracterizando a mineralogia dos sedimentos carbonáticos do testemunho sedimentar AB05/1, coletado no Arquipélago de Abrolhos, buscando-se com isso descobrir como se deu a sedimentação recente no local.

A oportunidade de se estudar como se deu a sedimentação na região, permitirá um maior conhecimento científico a respeito da área, podendo assim somar novas informações para melhorar o entendimento da sua evolução geológica.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a plataforma continental do estado da Bahia na Costa Leste do Brasil (CLB), a qual se estende da Baía de Todos os Santos até Cabo de São Tomé (13 a 22°S) (Ekau & Knoppers, 1999). Esse trecho da costa é caracterizado pela presença do Grupo Barreiras, contendo ainda dunas, estuários de rios com manguezais, recifes em franja e em bancos (Ekau & Knoppers, 1999). O complexo recifal de Abrolhos abrange uma área de aproximadamente de 6.000 km² na parte norte do banco. O Banco de Abrolhos trata-se de um alargamento da plataforma continental leste brasileiro que possui uma largura média de 50 km (Leão, 1999). O arquipélago de Abrolhos fica a 60 km a leste da cidade de Caravelas e localizado na Bacia Sedimentar de Mucuri (Mohriak, 2006). A quebra da plataforma dista, em frente a cidade de Caravelas – BA, 190Km da linha de costa (Castro e Miranda, 1998).

A amostragem foi realizada através de testemunhagem de sedimentos próximos ao recife de coral denominado “Chapeirão do Pierre”, no Arquipélago de Abrolhos, aproximadamente 2 km a leste da ilha de Santa Bárbara, nas coordenadas 17,96278017° S / 38,67018271° W, a 23 m de profundidade, segundo Barbosa *et al.* (2006, Figura 1).

O vulcanismo responsável pelo alargamento anormal da plataforma continental neste trecho da costa expõe em Abrolhos feições ainda aflorantes, como o conjunto de ilhotas componentes do Arquipélago dos Abrolhos (REMAC, 1979), que segundo Leão (2002) é composto de cinco ilhas constituídas de rochas vulcânicas e sedimentares denominadas de ilha de Santa Bárbara, ilha Redonda, ilha Siriba, ilha Sueste e ilha Guarita (Figuras 1 e 2), sendo a ilha de Santa Bárbara a maior, com aproximadamente 1km de extensão E-W, 300 m de largura e altitude máxima de 35m. Nos lados norte e sul da mesma, observam-se praias areno-cascalhosas composta por uma mistura de restos carbonáticos, grãos de quartzo e fragmentos de rochas. Da parte oeste para sul da ilha desenvolvem-se recifes em franja (2/3), o restante representa-se como um corpo rochoso sem recifes.

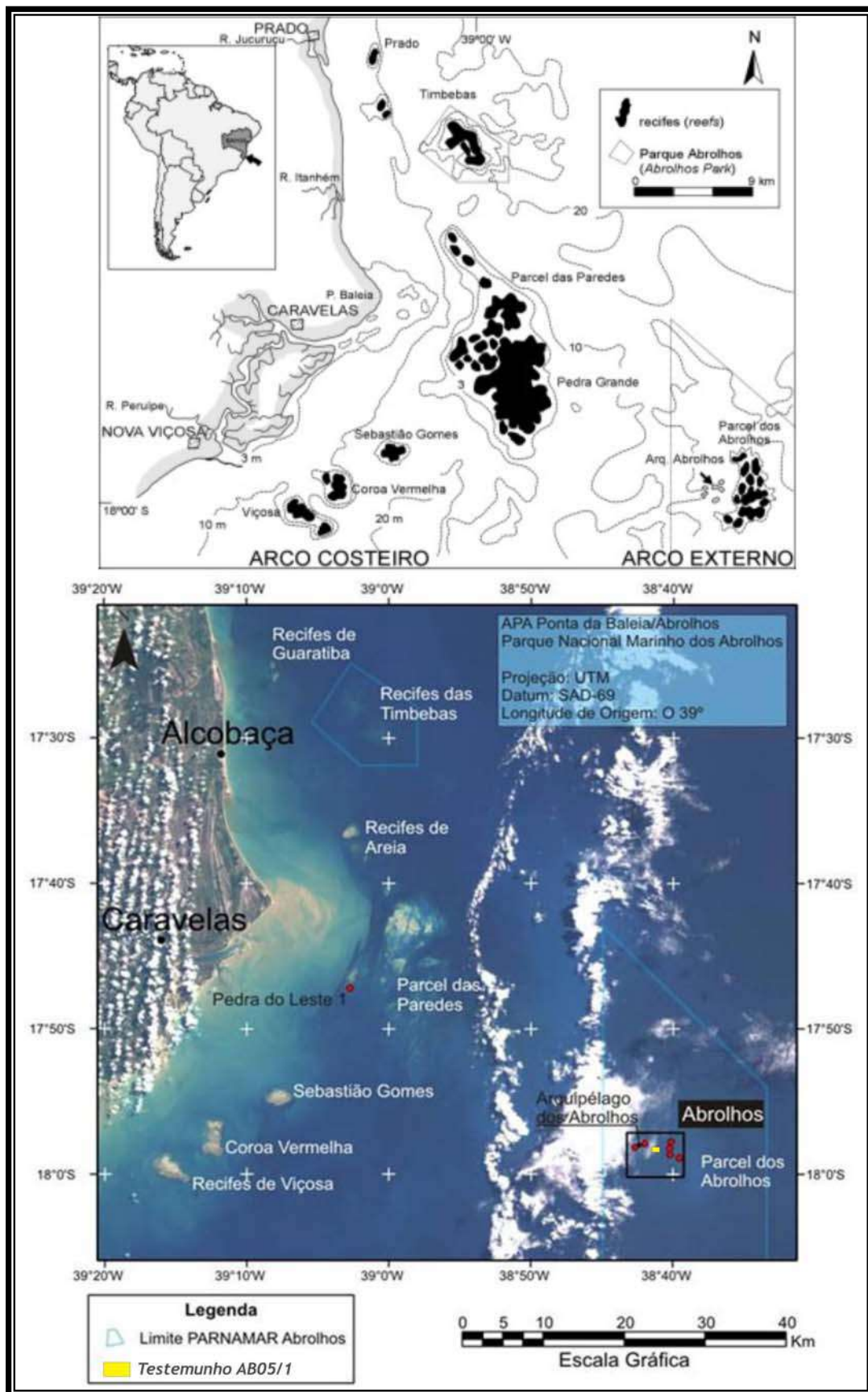


Figura 1 - Mapa de localização do testemunho, no Arquipélago de Abrolho. Modificado de Leão (2002) e cartainagem de satélite, retirada do site www.recifescosteiros.org.br

A ilha Redonda tem 400m de diâmetro e 36m de altitude e situa-se a oeste da ilha de Santa Bárbara, separada da mesma por um canal de cerca de 4m de profundidade, com recifes em franja bordejando sua costa sudeste. A ilha Siriba possui 300m de extensão E-W, 100 m de largura e 16 m de altitude, localizando-se ao sul da ilha Redonda separada apenas por um canal de profundidade inferior a 4m. A ilha Sueste situa-se mais ao sul do arquipélago, com 500 m de comprimento, 200m de largura e 15m de altitude, e possui comunidades recifais em suas encostas. As duas ilhas Siriba e Sueste, não possuem recifes desenvolvidos nos seus arredores e sim chapeirões isolados, podendo alcançar 15m de altura dentro do canal que as separa, onde a profundidade pode chegar a 20 m (Leão, 2002). A pequena ilha Guarita possui cerca de 100m de largura NE-SE e 13 m de altitude, e dista cerca de 250 m ao norte, da ilha de Santa Bárbara. Ela é formada por rochas vulcânicas, não possui praias arenosas, mas as comunidades recifais crescem nos seus corpos rochosos (Leão, 2002).

A faixa interna até 20 m, do banco de Abrolhos, mostra topografia mais suave, enquanto a superfície das porções central e externa contém numerosos pequenos bancos, entrecortados por estreitos canais de paredes escarpadas e também incontáveis construções biogênicas com predominância de algas coralinas (REMAC,1979). Os primeiros possuem uma gênese relativa a última regressão Pleistocênica, quando da exposição subaérea do banco de Abrolhos, tendo sido sua superfície dissecada por um sistema fluvial que encontrou seu nível de base na assim denominada Depressão de Abrolhos, porção sul do banco, depositando sedimentos terrígenos. Segundo Vicalvi *et al.* (1978 *apud* Leão, 2002), a sedimentação terrígena foi substituída por uma sedimentação carbonática marinha durante a transgressão que se seguiu. Os sedimentos carbonáticos estão concentrados nas áreas em volta dos recifes e nas plataformas média e externa. Já os sedimentos siliciclásticos estão localizados na plataforma interna,(Leão, 2002).

A morfologia da costa adjacente aos recifes na parte norte da costa, é segundo Leão (2002), cortada por uma seqüência de falésias do Grupo Barreiras onde se alternam com encostas de cor verdeja, pequenas praias arenosas e ambientes pantanosos.



Figura 2 - Foto aérea do Arquipélago, com vista para o local de amostragem. Foto retirada da Embratur .

No limite norte da área descrita, o rio Jucuruçu alcança a costa fluindo para sul atrás das linhas de praias, apresentando em sua desembocadura uma mistura de areias mal selecionadas de composição quartzosa e presença de fragmentos de conchas de moluscos. Da foz desse rio até a ponta da Baleia (zona central da área) a costa se apresenta na forma de um longo cordão litorâneo, cortado apenas pelo rio Itanhém que se curva para sul, fluindo quase paralelo à linha de costa por alguns quilômetros. A ponta da Baleia é consequência de uma progradação de sedimentos, possivelmente produzida pela confluência das correntes de deriva litorânea com os complicados padrões hidrográficos da região, resultantes da proximidade dos recifes da costa, onde vários bancos de areias são visíveis mesmo durante marés altas em frente a mesma (Figura 3). Na parte sul na área entre os rios Peruípe e Caravelas, os canais de marés se estendem quase que paralelos a costa em uma grande área de pântanos e manguezais. Devido a essa proximidade dos recifes à costa, ocorre uma dispersão de energia das ondas oceânicas, ou seja, a energia do ambiente costeiro é consequentemente baixa. Mesmo assim a quantidade de sedimento em suspensão é

grande, fato provavelmente ocasionado pela descarga fluvial dos rios citados anteriormente (Leão, *op.cit.*).

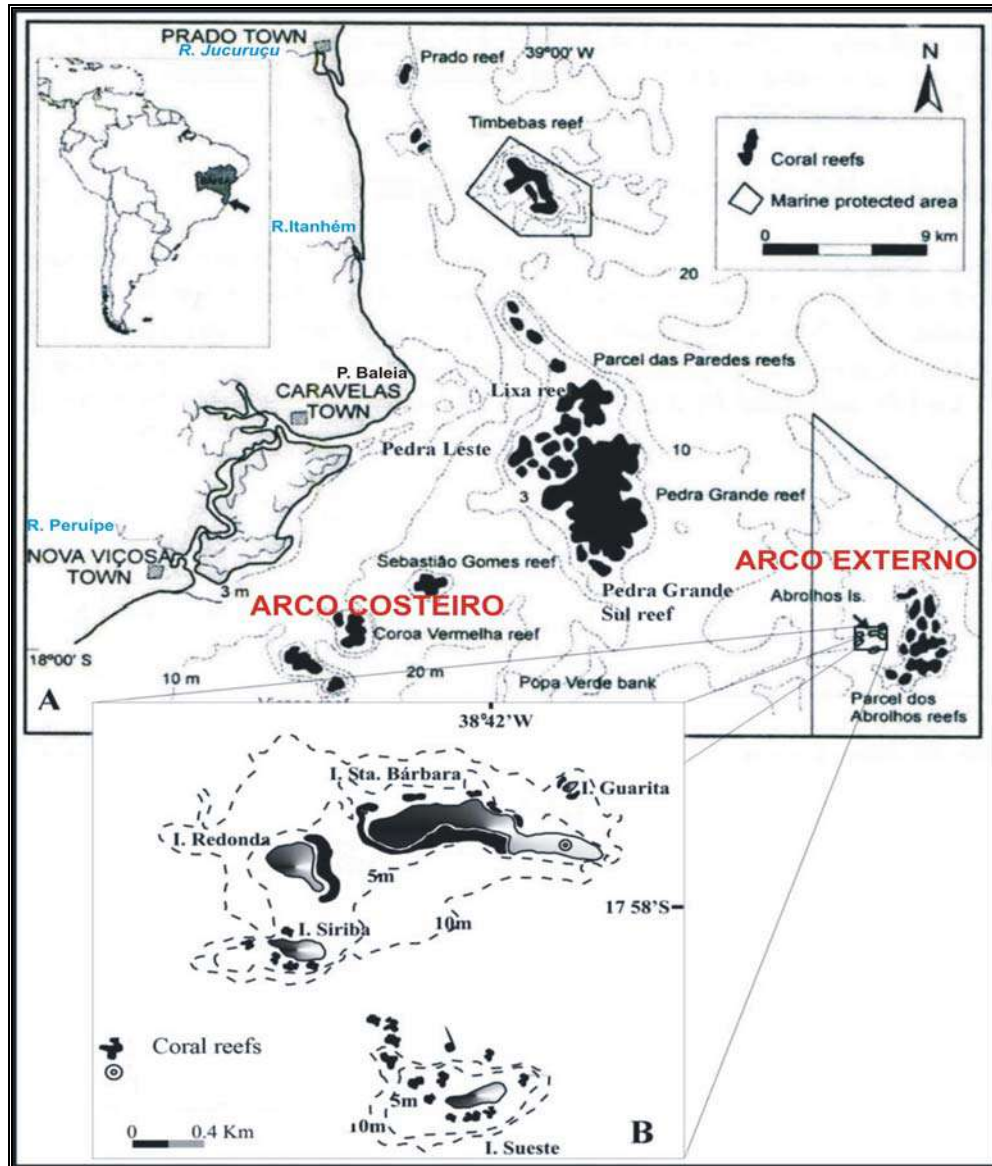


Figura 3 – **A** - Localização dos recifes de corais estudados na costa sul (região de Abrolhos) no estado da Bahia, Brasil e posicionamento dos arcos recifais costeiro e externo. **B** - Localização das ilhas e dos recifes de corais do arquipélago de Abrolhos (modificado de Leão, 2003; Spanó, 2004).

De acordo com Leão & Kikuchi (1999, Figura 4), os recifes de coral desta região podem ser classificados em quatro tipos diferentes: (i) bancos recifais adjacentes à praia, que são estruturas descontínuas com forma variável, mas sempre alongados e usualmente paralelos à linha de costa; (ii) bancos recifais isolados afastados da costa (Figura 5A), com variados

tamanhos (< 10 m até mais de 20 km de extensão) e formas (alongadas, circulares, semi-arcs) que, devido à descontinuidade lateral de suas estruturas, os fazem muito diferentes dos exemplos clássicos de recifes em barreira; (iii) recifes em franja, mais ou menos contínuos, formados pela incrustação de organismos calcários nos afloramentos rochosos que bordejam as costas das ilhas presentes na região e; (iv) pináculos coralinos isolados de mar aberto, que são chapeirões gigantes que crescem a partir do fundo e, usualmente alcançam a superfície (Figura 5B). No Banco dos Abrolhos, os recifes possuem duas formas básicas de crescimentos: recifes de franja e chapeirões isolados (Leão, 1982). Os recifes estão distribuídos em dois arcos aproximadamente paralelos a linha da costa, um costeiro e outro externo, separados por um canal com profundidade de 20 à 30m. Os recifes crescem como colunas podendo atingir o nível do mar. A sua estrutura coralina se apresenta sob a forma de pináculos com morfologia de cogumelos no topo, tendo sido denominada de “chapeirões” (Hartt, 1870). Suas dimensões variam de 1 a 25 m de altura e de 1 a mais de 50m de diâmetro, onde seu topo apresenta-se mais pronunciado no lado dos ventos dominantes (Leão, 2002) (Figura 5).

O arco costeiro está situado cerca de 10 a 20km da costa e é composto de um complexo de bancos recifais e pináculos coralinos isolados de dimensões variadas. São formados em decorrência da coalescência de numerosos chapeirões e pelo preenchimento de espaços vazios dos seus topos por sedimentos biogênicos produzido pelo próprio recife (Leão, 2002).

O arco externo bordeja o lado leste das ilhas de Abrolhos, ficando cerca de 70 km da costa, constituindo assim o Parcel dos Abrolhos.

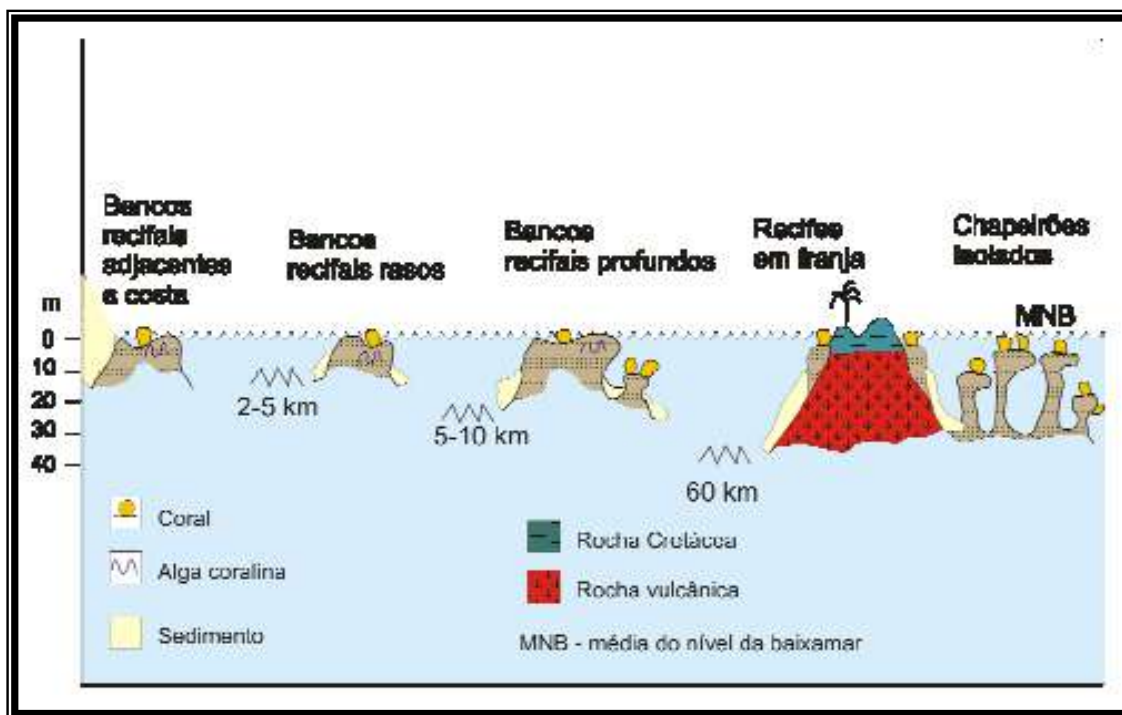


Figura 4 – Principais tipos de recifes da região de Arolhos (Leão & Kikuchi, 1999)

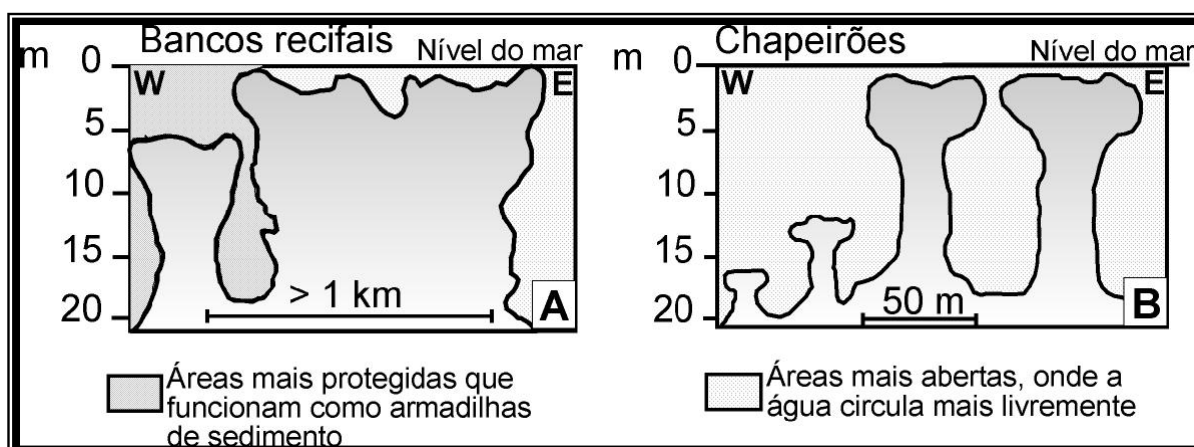


Figura 5 - Diagrama esquemático, mostrando a morfologia dos recifes. A) Recifes formando grandes bancos recifais que funcionam como armadilhas de sedimentos. B) Recifes com forma de “Chapeirões” isolados, os quais permitem que as águas circulem mais livremente. (Dutra et al., 2004)

O mesmo é formado por pináculos coralinos gigantes em águas superiores a 25m de profundidade (Leão, 2002), região de coleta do testemunho AB05/1 (Barbosa et al., 2006).

A costa leste do Brasil possui um clima úmido com temperaturas que variam anualmente de 25 a 27°C durante o verão austral e de 22 a 24°C durante o inverno, mostrando fraco gradiente vertical (Brasil, 1975; 1982; 1985 apud Castro & Miranda). O clima é

dominado pela massa Equatorial Atlântica durante o outono e inverno, pela massa Tropical Atlântica na primavera e verão e pela massa Equatorial Continental no verão. Sendo a região costeira adjacente ao arquipélago de Abrolhos, este possui uma precipitação média anual de 1750 mm. Março, abril e maio são os meses mais chuvosos, concentrando cerca de 35% de toda precipitação anual (612mm) (Nimer, 1989).

Abrolhos está situado na parte sul da área dos ventos alísios, onde existem duas direções principais dos ventos, uma a nordeste e leste durante a primavera e o verão, e outra de sudeste durante o outono e o inverno (Nimer, 1989 *apud* Leão, 2002).

Na área existem duas seqüências de ondas que coincidem com o sistema de ventos: a primeira são aquelas que ocorrem na primavera/verão e que são dominadas pelos ventos de nordeste/leste, chegando a alcançar alturas de 1m e períodos de 5 s. As mesmas provocam um transporte de sedimentos por deriva litorânea para sul na parte norte da Ponta da Baleia. A segunda seqüência é a de outono/inverno, que são dominadas pelos ventos de sudeste e sudoeste, com alturas significativas de 1,5 m e períodos de 6,5 s. (US Navy, 1978). As mesmas produzem um transporte de sedimentos por deriva litorânea para norte na parte sul da Ponta da Baleia (Figura 3).

A área está sob a influência da maior corrente oceânica, a Corrente do Brasil (CB), braço sul da Corrente Equatorial, que flui para sul com velocidade média anual de cerca de 0,7 nós (DHN, 1993). É caracterizada por ser uma corrente quente (28°C). As correntes de maré são regulares, a menos que sejam influenciadas pela força e direção dos ventos, com velocidades médias de 1,0 a 1,5 nós. A amplitude das marés é de cerca de 2 m nas marés de sizígia e de 0,5 m durante as marés de quadratura (DHN, 2003 – dados para o Porto de Ilhéus). A CB no banco de Abrolhos possui uma direção norte-sul. A salinidade também é um parâmetro relativamente constante, oscilando entre 36,5 e 36,7 ao redor dos recifes (DHN, 1993, Tabela 1).

Durante um experimento realizado por Meyerhöfer & Marone (1996), pôde se provar a importância das correntes de marés superpostas ao fluxo da Corrente do Brasil, sugerindo que as trocas de sedimentos entre os dois arcos são mais significativas que entre a costa e os recifes.

Variáveis	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temp. (°C)	26,0	25,1	27,1	26,1	24,8	24,0	23,3	23,5	24,0	24,8	24,8	25,3
Precipitação média (mm)	127	66	112	145	119	97	112	66	86	147	175	140
% ventos N	6,0	4,5	7,0	3,0	4,0	7,0	3,0	4,0	4,5	9,5	14,0	10,0
% ventos NE	48,0	44,0	29,0	15,0	8,5	13,0	17,0	22,0	34,0	38,0	49,0	40,0
% ventos E	32,0	38,0	42,0	34,0	33,0	44,0	46,0	47,0	42,0	28,0	21,0	24,0
% ventos SE	9,0	3,0	9,0	16,0	24,0	16,0	16,0	10,0	12,0	8,0	7,0	8,5
% ventos S	5,0	4,5	10,0	26,0	26,0	15,0	14,0	14,0	7,5	15,0	9,0	13,0
% ventos SW	0,0	2,0	2,0	2,0	1,5	2,0	2,0	1,5	0,0	1,5	0,0	2,5
% ventos W	0,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
% ventos NW	0,0	2,0	0,0	2,0	1,5	1,5	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	2,0
Força N	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	5
Força NE	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
Força E	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3
Força SE	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3
Força S	3	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4
Força SW	0	4	4	4	4	3	2	3	0	2	0	3
Força W	0	3	2	3	4	3	2	0	0	0	0	0
Força NW	0	3	0	3	2	3	0	2	0	0	0	4
% Calmaria	2,0	4,0	4,0	3,0	2,0	3,0	3,0	1,0	1,0	2,0	3,0	2,0

Tabela 1 - Temperaturas médias (Temp. °C), precipitação média (mm) (canaldotempo.com, 2003), percentual de ventos por octante (% ventos), intensidade de ventos por octante (Força) (em escala Beaufort) e percentual de calmaria durante o ano. Série histórica de 1951-73 para a estação meteorológica de Abrolhos (Modificado de DHN, 1993).

Segundo Sobreira & França (2006) a área de estudo está inserida dentro do Complexo Vulcânico de Abrolhos (CVA), uma extensa província magmática formada na margem continental leste brasileira, a mesma abrange as bacias do Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba. Essas bacias possuem quase 300 500 km², sendo 250 000 km² encontram-se imersos. Sua zona limítrofe norte, com a bacia do Jequitinhonha, é o banco vulcânico de Royal-Charlotte. A zona limítrofe sul, com a bacia de Campos, corresponde ao Alto de Vitória (Vieira *et al.*, 1994). A Bacia do Espírito Santo-Mucuri caracteriza-se por ter evoluído sobre um embasamento composto de terrenos ígneos e metamórficos pré-cambrianos

pertencentes à Província Mantiqueira, o qual foi intrudido pelos diques de diabásio jurássicos de orientação NW-SE da Suíte Fundão, segundo Silva *et al.* (1987 *apud* Vieira *et al.*, 1994).

São reconhecidos nestas bacias dois eventos vulcânicos distintos, o primeiro no Cretáceo Inferior (Formação Cabiúnas) e o segundo, mas recente, no Paleoceno/Eoceno, denominado de Formação Abrolhos (Vieira *et al.*, 1994, Figura 6).

A Formação Cabiúnas é composta por rochas ígneas básicas, ocorrendo principalmente na parte terrestre da Bacia do Espírito Santo, sob a forma de derrames basálticos de composição toleítica associados com paleossolos. O vulcanismo apresenta possível continuidade na plataforma continental, pois as rochas dessa região apresentam idade de 132 ± 3 Ma. (Conceição *et al.*, 1994).

A Formação Abrolhos é composta por uma associação litológica complexa, possuindo rochas ígneas básicas de composição toleítica a alcalina, vulcanoclásticas e eventuais intercalações de rochas sedimentares. Apresenta-se como um vulcanismo de conduto central em ambiente marinho acumulado sobre uma estreita plataforma continental. Ocorre mais freqüentemente na porção submersa destas bacias, incluído o Banco de Abrolhos. A Formação apresenta uma idade K/Ar entre 37 e 59 Ma (Mizusaki *et al.*, 1994, Figura 7).

Segundo Bacoccoli (1982) e Sobreira (1996), as rochas vulcânicas de Abrolhos são alimentadas por diápiros do manto e intrusões ígneas locais, com focos vulcânicos na plataforma continental da Bacia do Espírito Santo.

Mohriak (2006) descreve que as rochas sedimentares que afloram em Abrolhos são arenitos grossos e conglomerados em canais, arenitos com estratificação concordante e localmente discordante com rochas vulcânicas, siltitos e folhelhos, ocorrendo esses arenitos em espessas camadas de estrutura maciça e geometria externa lobada, sobrepostos a ritmitos, sendo interpretados como possíveis depósitos de fluxo hiperpicnais, em ambiente deposicional de plataforma média a batial superior.

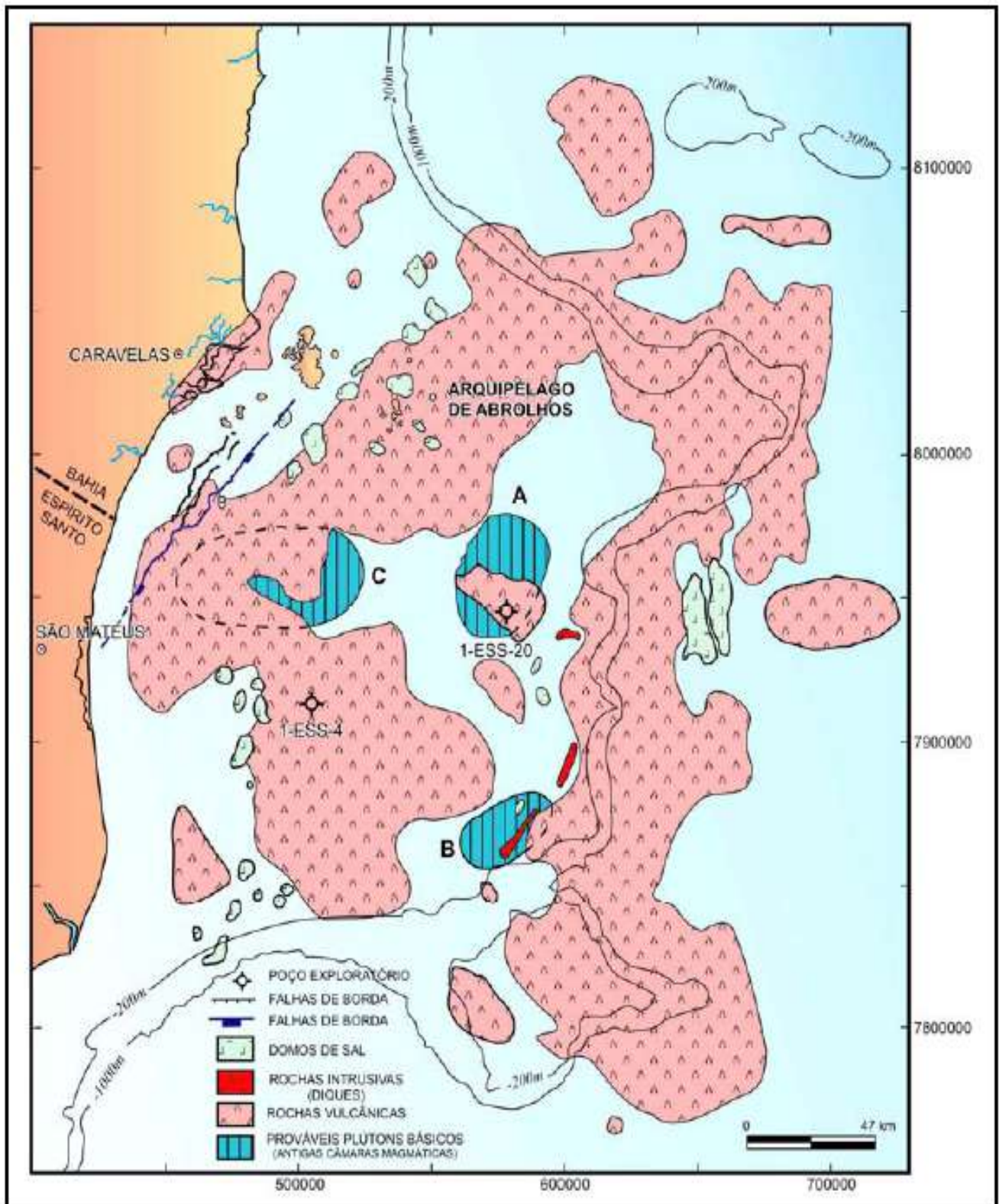


Figura 6 - Mapa geológico com modelo para o arcabouço tectono-magmático da região do Complexo Vulcânico de Abrolhos, onde se observa sua influência na extensão da plataforma. Retirado de Sobreira & França (2006).

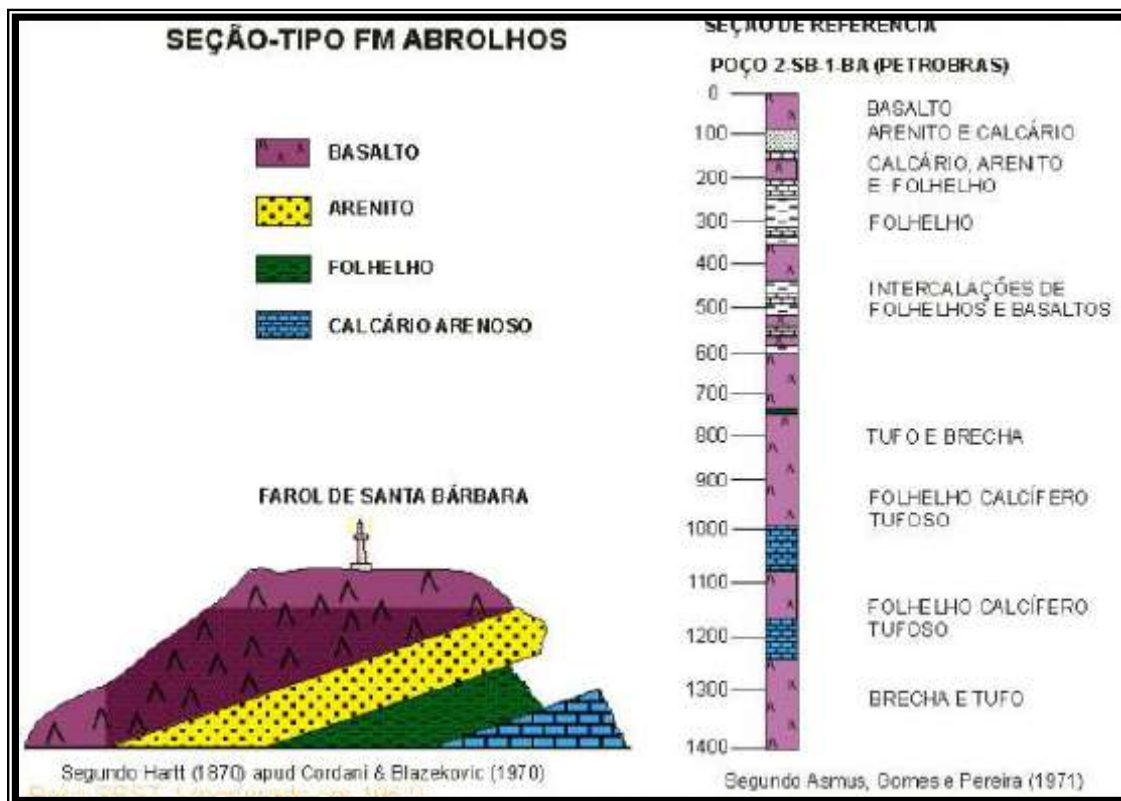


Figura 7 – Coluna estratigráfica do poço CST-1-BA, mostrando uma seção tipo da Formação Abrolhos. A mesma tem cerca de 1400 m de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas (modificado de Mohriak, 2004)

A Figura 8 mostra um tipo de afloramento encontrado nas ilhas de Abrolhos, onde camadas basálticas alteradas e fragmentadas cobrem arenitos finos e conglomeráticos, com um mergulho bem marcante. Estudos tectônicos já realizados indicam um evento compressional, estando ligado possivelmente a tectônica halocinética, onde as mesmas afetaram as camadas sedimentares, criando assim discordâncias angulares que atingem até ao Neógeno. Segundo Vieira *et al.* (1994), a Bacia de Espírito Santo-Mucuri está localizada na plataforma continental do Estado do Espírito Santo e porção sul da Bahia (Figura 9). A mesma possui cerca de 20.000 km² de extensão, tendo evoluído sobre um embasamento composto de terrenos ígneos e metamórficos Pré-Cambrianos pertencentes a Província da Mantiqueira, a qual foi intrudida pelos diques de diabásio Jurássicos de orientação NW-SE da Suíte Fundão, segundo Silva *et al.* (1987 apud Vieira *et al.*, 1994).



Figura 8 – Afloramento típico das ilhas, com camadas de basaltos (tálus) cobrindo rochas sedimentares, com estruturação de mergulho bem marcante. Retirado de Mohriak (2004).

A evolução tectono-sedimentar pode ser associada a três megassequências ou fases principais (Biassusi *et al.*, 1990; Vieira *et al.*, 1994). A fase sinrifte (Formação Cricaré), de idade Neocomiano/Aptiano, é composta por rochas sedimentares depositadas em ambiente continental, contendo rochas vulcânicas, representadas pela Formação Cabiúnas, que repousam discordantemente sobre o embasamento pré-cambriano, na base da coluna sedimentar, ou intercaladas com sedimentos sinrifte. A megassequência transicional (Formação Mariricu), com idade Aptiana, é composta por sedimentos siliciclásticos (Membro Mucuri) e evaporitos (Membro Itaúnas), marcando as primeiras incursões marinhas na bacia. A mesma seqüência representa o final da fase rifte, que se deu durante o processo de separação dos continentes. A megassequência pós-rifte ou marinha é caracterizada por possuir uma idade Aptiana composta por rochas siliciclásticas e carbonáticas do Grupo Barra Nova, recoberta por uma seqüência siliciclástica marinha transgressiva (Formação Urucutuca) com idade Cenomaniana a Eo-eocena, seguida por uma seqüência marinha regressiva (formações Rio Doce e Caravelas), com idade do Meso/Eoceno ao Recente (Figura 10).

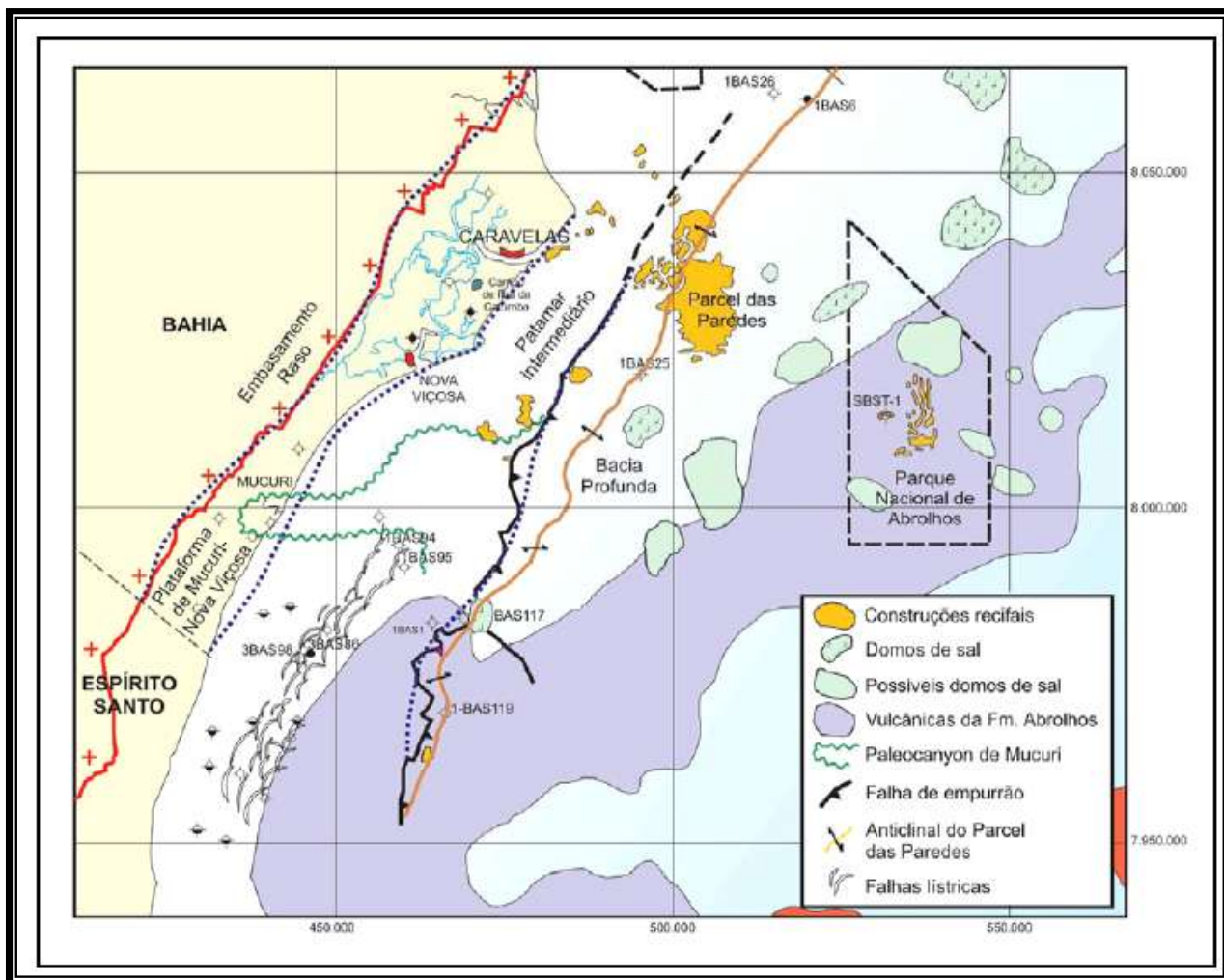


Figura 9 - Mapa geológico mostrando a distribuição das rochas vulcânicas e principais feições estruturais da região de Abrolhos, retirado de Sobreira (1996) e França (2004) apud Mohriak (2006).

Segundo Knoppers *et al.* (1999), os sedimentos em suspensão da região ao redor dos recifes de Abrolhos possuem diferenças marcantes daqueles das regiões próximas à costa. As argilas caoliníticas, que são cobertas parcialmente por óxido de ferro, existente em abundância em toda a região de Abrolhos, são muito comuns na desembocadura do rio Caravelas, que é composto por depósito de sedimentos terrígenos mais antigos. Os sedimentos em suspensão do arco interno e do canal de Abrolhos são compostos por material orgânico



CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO-MUCURI

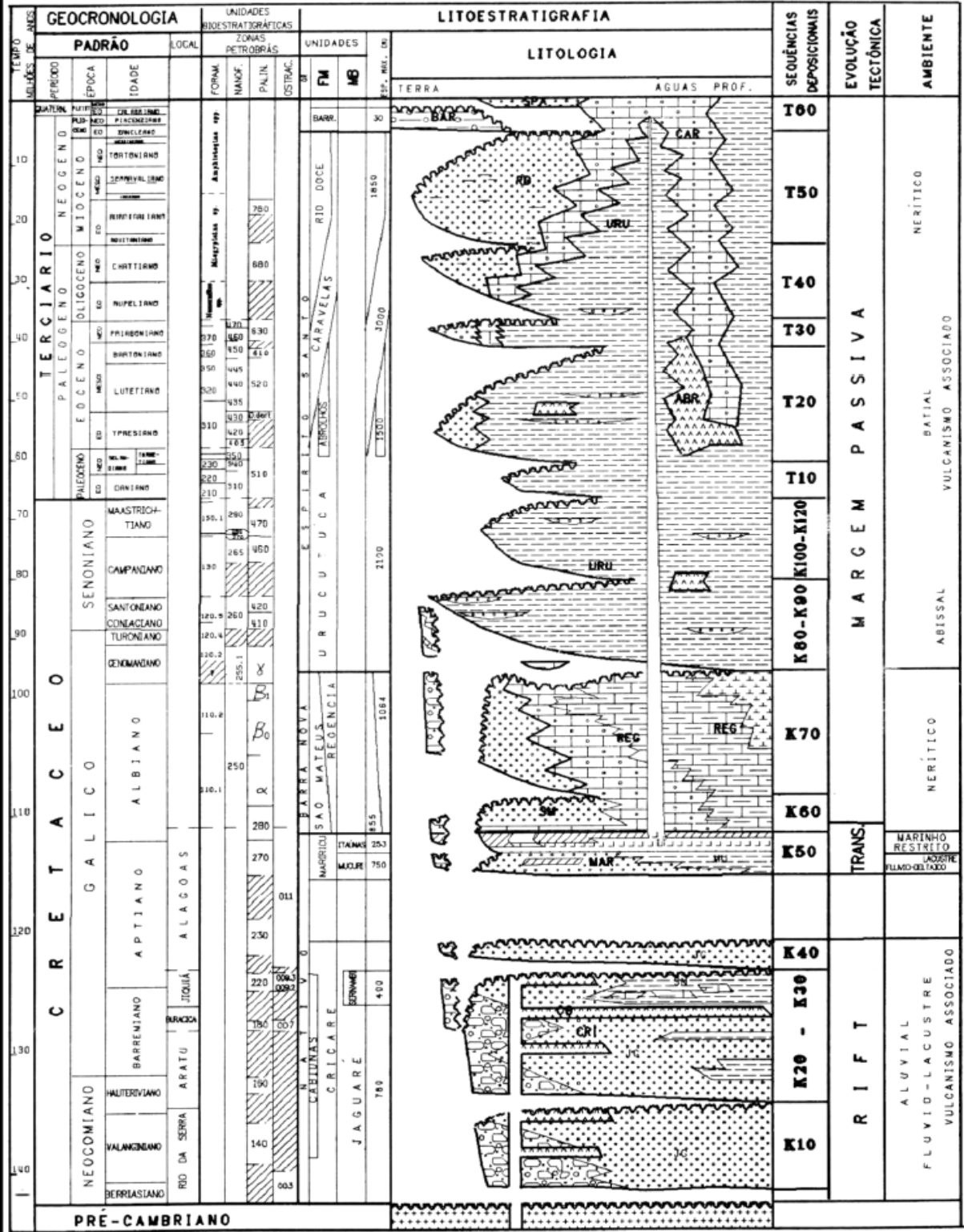


Figura 10 - Carta estratigráfica da Bacia do Espírito Santo-Mucuri, retirado de Vieira et al. (1994).

de opalina (diatomáceas) biogênica e carbonatos, originados de fragmentos esqueléticos autóctones e conchas de organismos planctônicos e bentônicos. Já na plataforma continental interna o índice de material em suspensão é muito baixo, composta apenas por conchas carbonáticas planctônicas e uma pequena quantidade de argilominerais transportados de regiões diversas, e até mesmo de mar aberto.

Segundo Leão (1982), os sedimentos de fundo da região de Abrolhos são caracterizados por apresentar uma transição de sedimentos siliciclásticos na região costeira para sedimentos carbonáticos nas plataformas média e externa. Quanto mais próximos da costa maior é a quantidade de sedimentos de fundo siliciclásticos, cerca de 30 a 70%, enquanto na parte mais próxima do Parcel de Abrolhos o índice de siliciclásticos não ultrapassa 10% (Figura 11).

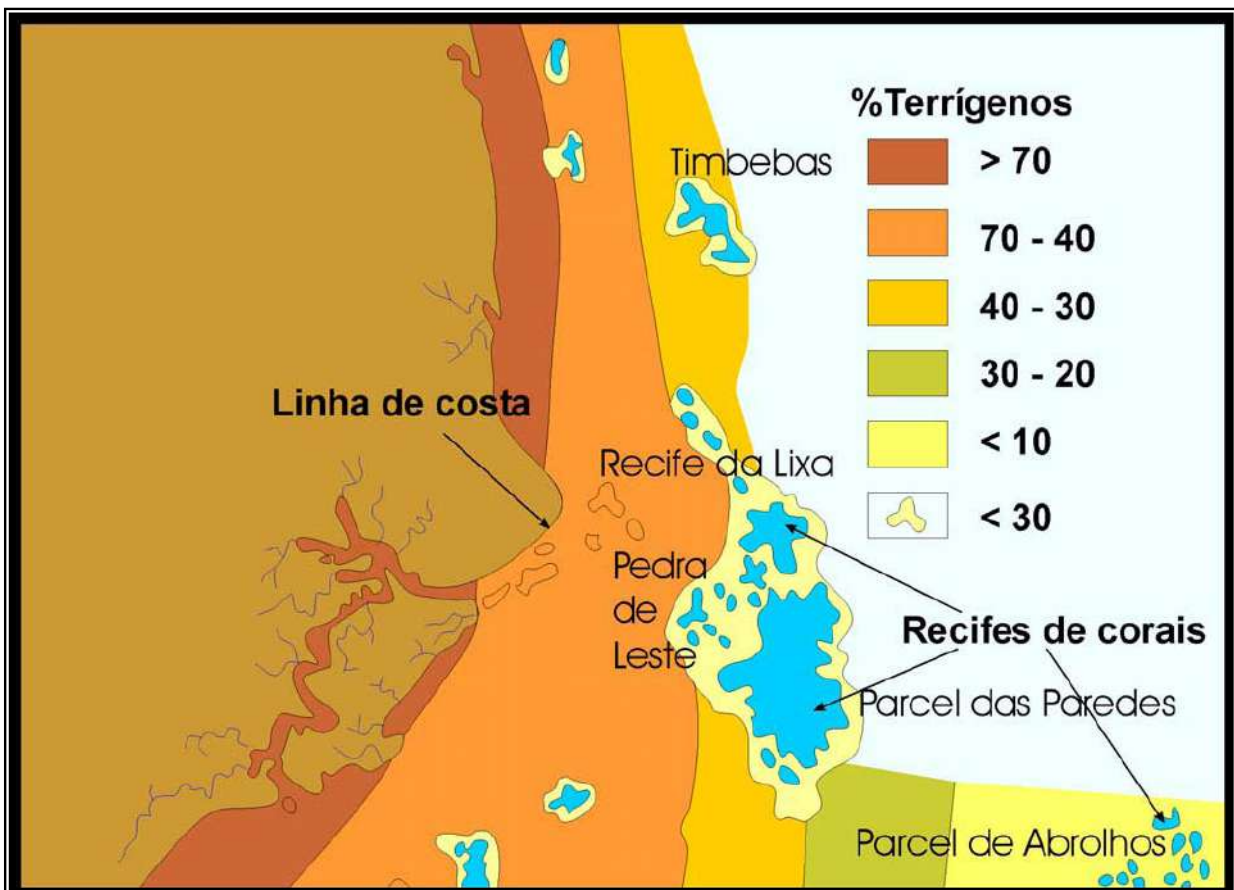


Figura 11 - Distribuição do sedimento de fundo da área dos recifes de Abrolhos, ilustrando a transição de sedimentos siliciclásticos mais próximos da costa para sedimentos carbonáticos costa afora (de acordo com Leão, 1982)

Os principais constituintes dos sedimentos terrígenos são quartzo, mica, raros feldspatos e os argilominerais caolinita e illita (Leão & Ginsburg, 1997). Estes sedimentos são originados de duas fontes principais: (i) material retrabalhado originado da erosão de falésias costeiras (sedimentos terciários do Grupo Barreiras) e (ii) aporte fluvial transportado para a área por correntes ao longo da costa (Leão & Ginsburg, 1997; Leão *et al.*, 2004).

Os constituintes biogênicos são predominantemente esqueletais, onde parte deste material tem origem detrítica e outra parte é composta de grãos formados *in situ* dos vários organismos que compõem a fauna e a flora recifais associadas. O material detrítico é derivado da quebra da estrutura recifal, sendo mais comuns fragmentos de corais, mileporas e algas coralinas que alcançam sua máxima ocorrência no topo e nos arredores dos recifes.

Os grãos gerados *in situ* são compostos por partes esqueletais dos organismos que vivem próximos aos recifes e incluem algas calcárias, testas de foraminíferos, conchas de ostracodes, conchas de moluscos e plaquetas de equinodermas (Leão, 1982; Leão & Ginsburg, 1997 e Leão *et al.*, 2004, Figura 12).

Areias e lamas carbonáticas são predominantes na base dos recifes, chegando a ser cerca de 50% do total dos grãos. Os sedimentos siliciclásticos nessa região não ultrapassam 20% do total dos grãos, não tendo assim grande importância (Dutra, 2003). Leão (1982) e Leão & Ginsburg (1997) discutem a coexistência do crescimento recifal e uma ativa sedimentação siliciclástica em Abrolhos, levando a acreditar que este fato esteja associado a: (a) ausência de grandes descargas fluviais em frente aos recifes, (b) ser a ressuspensão dos sedimentos finos do fundo marinho um evento de curto prazo e, (c) a adaptação funcional da fauna coralina à presença de sedimento lamoso.

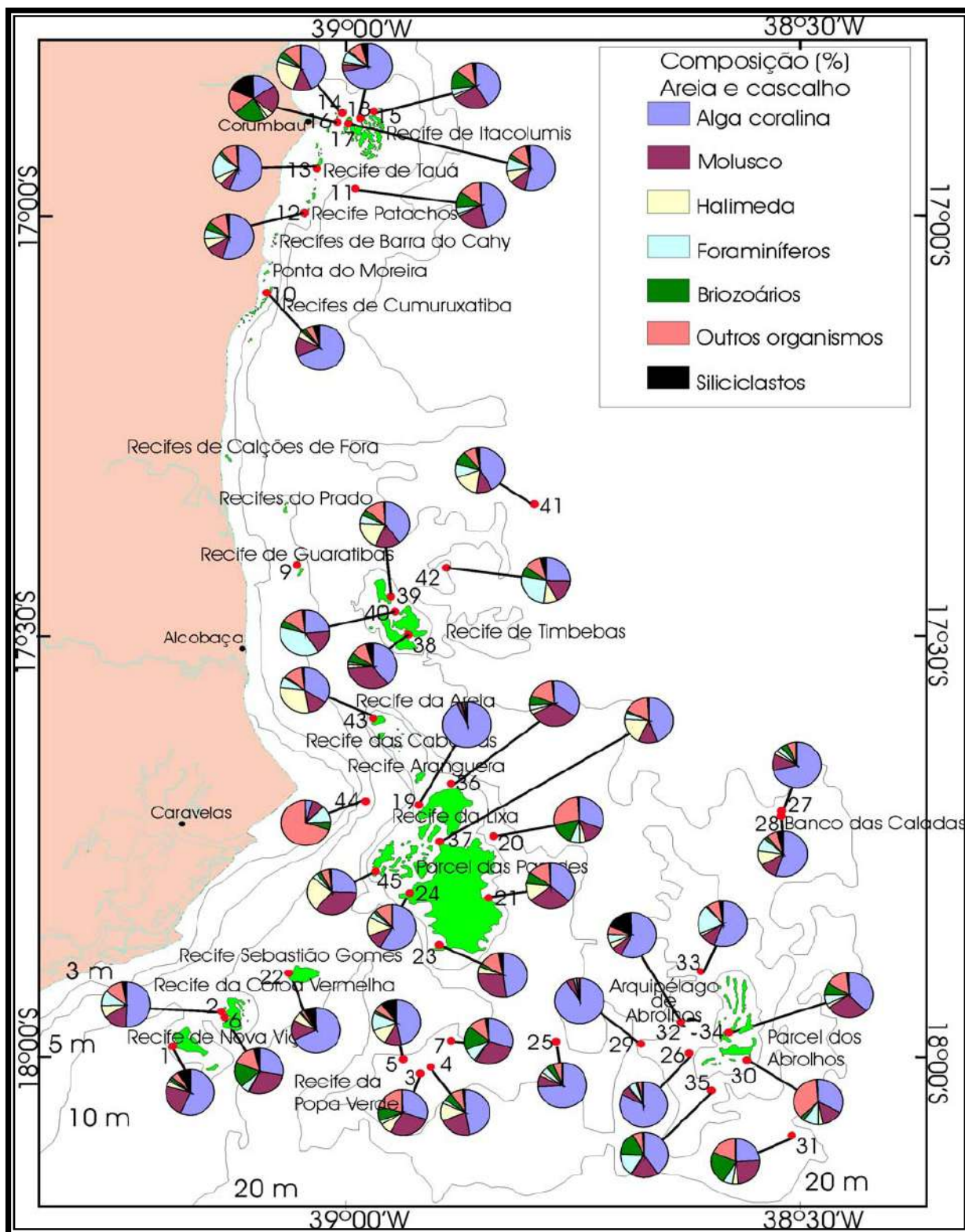


Figura 12 - Composição do sedimento acumulado na base dos recifes da região de Abrolhos (de acordo com Leão et al., 2004), retirado de Dutra (2003)

4. METODOLOGIA

4.1 Trabalhos Prévios

4.1.1 A coleta

O testemunho foi coletado em 16/07/2005, a leste do Arquipélago de Abrolhos próximo ao recife de coral denominado “Chapeirão do Pierre”, nas coordenadas 17,96278017° S/ 38,67018271° W, a 23m de profundidade, o qual esta inserido no arco externo (Figura 1 e 2).

O local que foi feita a testemunhagem fica cerca de 10m do “chapeirão”, com um fundo plano constituído por sedimentos carbonáticos lamosos. Foi usado um tubo de PVC cilíndrico, de 2,50 m de comprimento e 0,08 m de diâmetro, utilizando o método de cravação e percussão manual com marreta de borracha. Foram recuperados cerca de 1,95 m do testemunhador, sobrando apenas 0,55 que foram descartados devido ficarem fora do substrato, servindo de apoio para cravar e sacar o testemunho.

Para testemunhar foram necessários 3 mergulhos onde o primeiro foi para a escolha e marcação do local, o segundo foi para cravar e o último para sacar o testemunho.

4.1.2 Abertura do testemunho

Para a abertura do testemunho foi utilizada uma serra elétrica manual circular, logo após o mesmo foi inserido junto com o testemunhador em um suporte de madeira, esse suporte ou “caixa de abertura” foi projetada para acomodar a serra elétrica, orientando a passagem da lâmina no ato do corte (Figura 13).

Foram feitos dois cortes longitudinais a 180° um do outro testemunhador, mas o testemunho sedimentar foi dividido longitudinalmente em duas metades com a linha de nylon 0,90 mm, e serra manual para os níveis que apresentavam conchas, tendo sido recuperados 1,87 m de comprimento do testemunho, sendo os primeiros 8 cm do topo descartados devido

a contaminação, para o fatiamento e amostragem da granulometria, e os outros primeiros 6 cm para a amostragem da densidade aparente (Fermino,2007, Figura 14 (a)).



Figura 13- Procedimento da abertura do testemunho, com o corte longitudinal do testemunhador. Nota-se a “caixa de abertura” como suporte e guia. A esquerda Maurício Domingues auxilia no processo. Fonte: Fermino (2007).

Segundo Fermino (2007), em uma das metades ao longo do testemunho foi realizado um fatiamento transversal de 2 em 2 centímetros, dando um total de 90 amostras, para análise de matéria orgânica e carbonatos, restando a outra metade do testemunho para se realizar análises de granulometria, densidade aparente e foraminíferos.

4.1.3 Descrição do Testemunho

O testemunho é composto praticamente por sedimentos carbonáticos ricos em bioclastos, com baixa concentração de siliciclásticos e matéria orgânica, tendo sido encontrados fragmentos de corais, conchas de gastrópodes e bivalves, tubos de poliquetas,

dentes de peixes e espículas de esponjas. Foi verificada uma diminuição nos teores de bioclastos e matéria orgânica em direção ao topo.

Para descrever a cor dos sedimentos foi utilizado como auxílio o diagrama de cor da USGS soil color chart mostrando tons de 5Y7/2 light grey nos primeiros 20 cm, e 5Y7/1 light grey no restante do testemunho, foi possível ainda notar um clareamento em direção ao topo, demonstrando uma diminuição no teor de matéria orgânica. A textura mostra-se *fining upward* variando gradacionalmente de areia média na base até silte grosso no topo (Fermino, 2007, Figura 14 (b)).

4.1.4 Densidade Aparente

A análise de densidade aparente é um importante indicador da quantidade de água contida nas amostras e também serve para caracterizar variações mineralógicas.

Segundo Fermino (2007), a densidade aparente dos sedimentos foi a principal condicionante da individualização das camadas ou estratos, onde pode ainda ser observado um aumento da base para o topo do testemunho, estando esse aumento controlado pelo diâmetro médio, onde os sedimentos mais finos, como argila e silte, possuíam um arranjo espacial mais compacto de seus constituintes granulométricos.

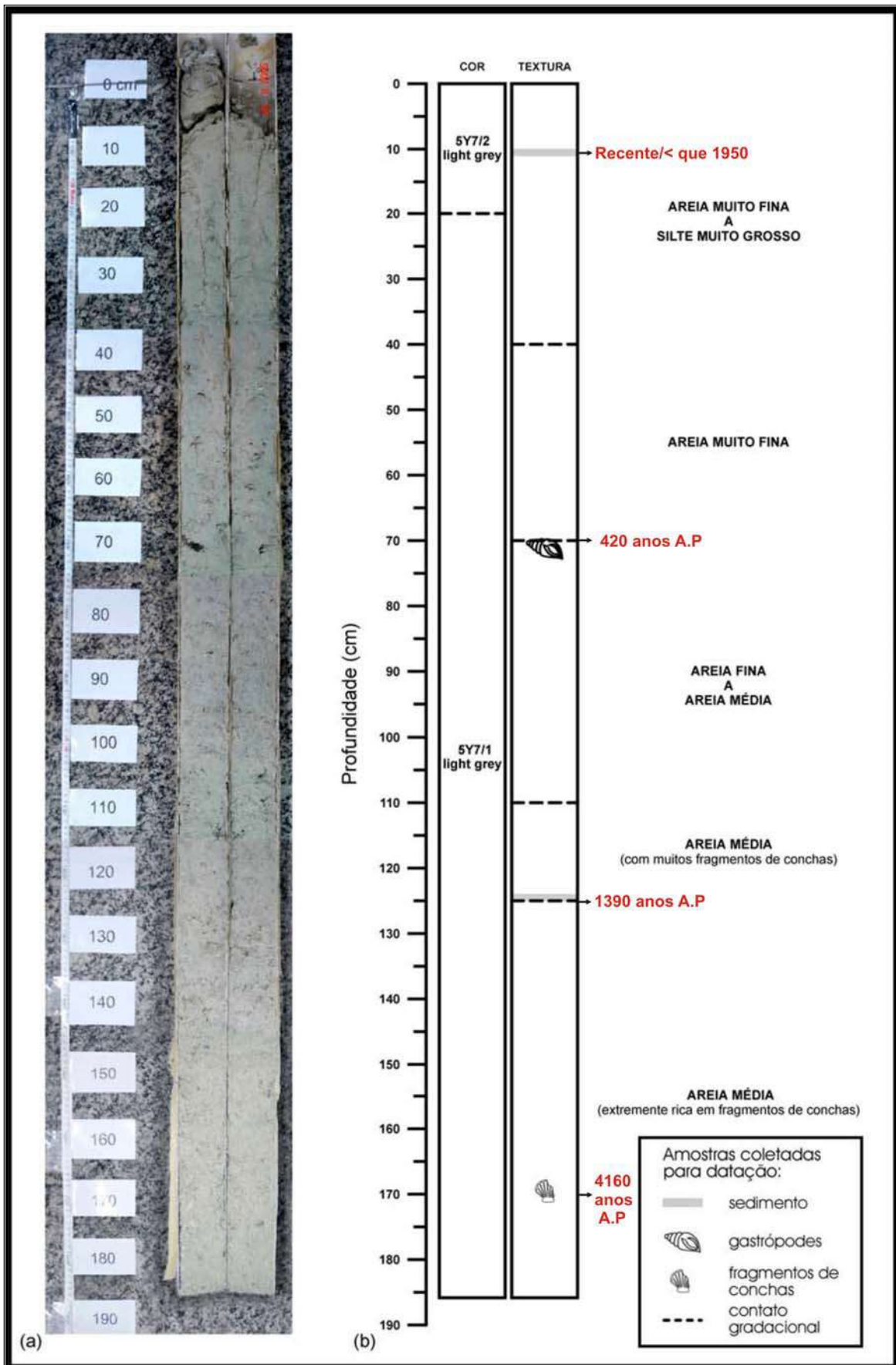


Figura 14 - Fotomontagem do testemunho (a), com respectivo diagrama de cor e textura (b) com o resultado das datações, modificado de Fermino (2007).

Fermino (2007) observou em suas análises, no diagrama de densidade aparente (Figura 15(d)), que ao longo de cada camada, o valor da densidade se tornava ascendentes nas camadas 1 e 2, aumentando da base para o meio e diminuindo do meio para o topo nas camadas 3, 4 e 5, e que se apresentava descendente no topo da camada 6.

4.1.5 Granulometria

O tamanho das partículas em sedimentos detríticos, expresso pelo seu diâmetro, constitui uma propriedade textural fundamental, (Suguio, 2003).

As análises granulométricas são importantes no estudo dos sedimentos por fornecerem as bases para uma descrição mais precisa dos mesmos, por vezes permitindo determinar seu ambiente sedimentar com base em sua distribuição granulométrica, por fornecer informação sobre os processos físicos e realizar modificações com base nas características granulométricas em outras propriedades como a porosidade e a permeabilidade por estarem relacionadas entre si, (Suguio, 2003).

4.1.5.1 Diâmetro médio (diagrama sedimentológico)

Segundo Fermino, (2007), ocorre uma variação da granulometria, partindo de intercalações de silte muito grosso arenoso (areia fina) com silte grosso arenoso (areia fina ($D= 49,46\mu\text{m}$ ou $0,04946\text{mm}$), na base, a somente silte grosso arenoso (areia muito fina) (quase silte médio $D= 17,77\mu\text{m}$ ou $0,01777\text{ mm}$) no topo,o que evidencia um *fining upward* ou granodecrescência ascendente (Figura 15 (c)), o qual se correlaciona perfeitamente com os dados do diagrama de porcentagem de areia e diâmetro mediano (D_{50}) (Figura 15 (a) e (b)). Todas as camadas , exceto a 6, apresentam uma mudança brusca na granulometria em seus topos e bases, demonstrando uma individualização dessas unidades de sedimentação.

Fermino (2007) usou o diagrama triangular areia-silte-argila para representar essas 6 sucessões, demonstrando que as mesmas plotam dentro do grupo textural silte arenoso,

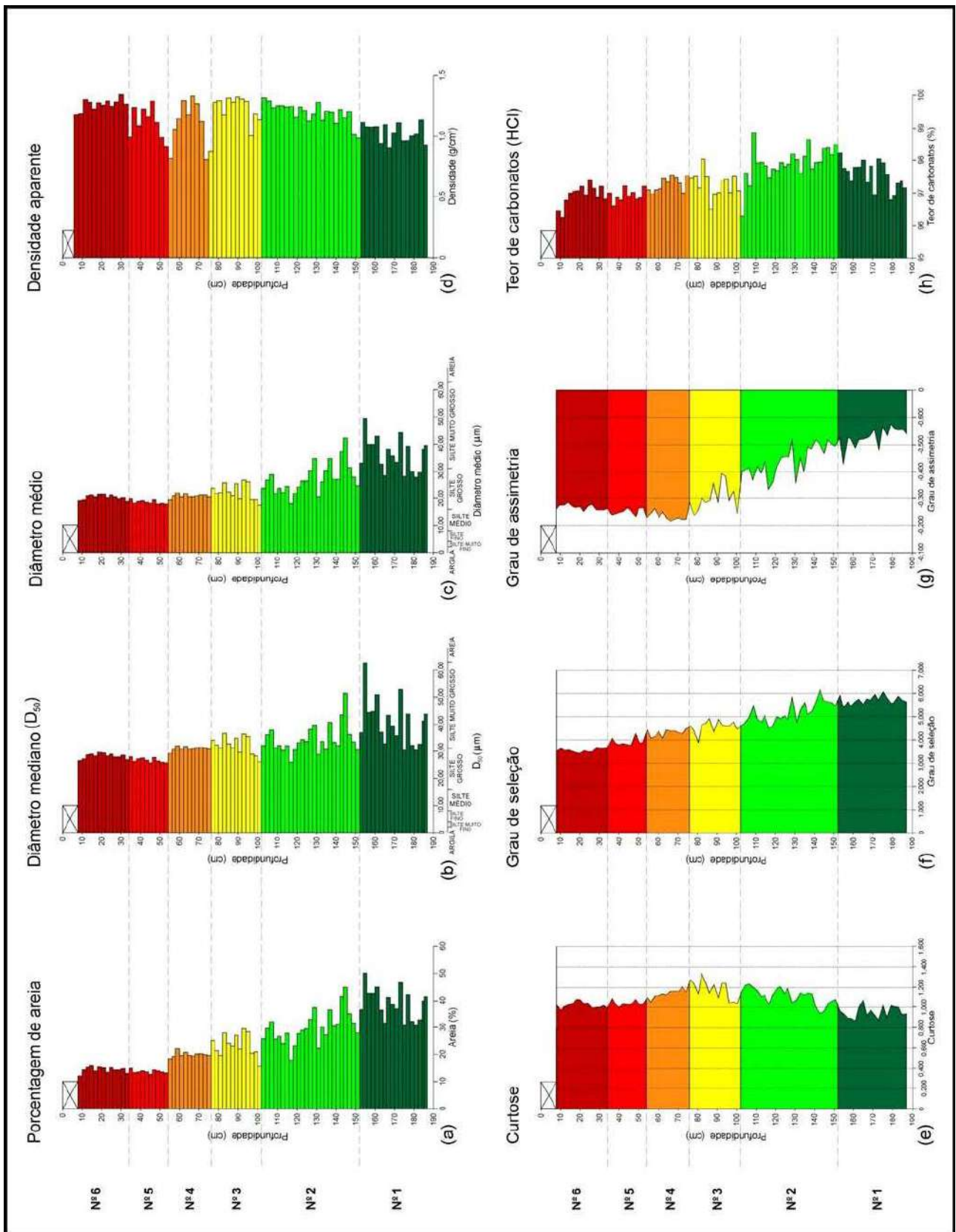


Figura 15 – Diagramas dos dados de granulometria (a), (b), (c), (e), (f) e (g); densidade aparente (d); e o teor de Carbonatos por ataque com HCl (h), retirado de Fermino (2007).

apresentando um nítido “trend” do limite superior para o limite inferior do grupo textural, demonstrando assim o *fining upward* (Figura 16).

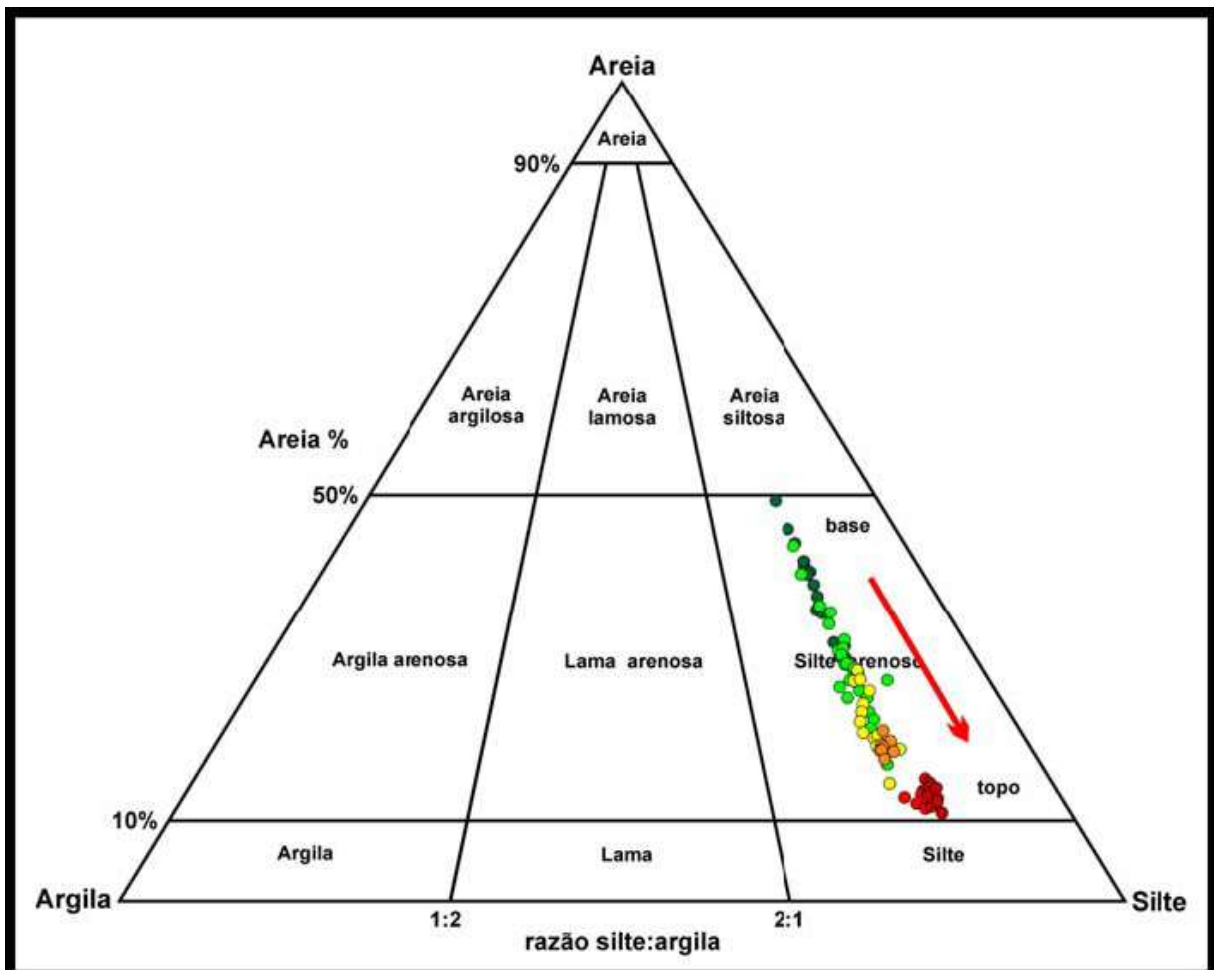


Figura 16 - Diagrama textural triangular areia-silte-argila, com a plotagem das análises granulométricas das amostras (fatias) do testemunho. Nota-se na classe textural silte arenoso, um "trend" com "fining upward" da base para o topo do testemunho, retirado de Fermino(2007).

4.1.5.2 Curtose

Segundo o projeto Millenium (Baisch *et al.*,2003), a Curtose (Kg) ou Gral de agudez dos picos representa a discrepância entre a altura de uma classe do tamanho do grão em relação às outras. Quanto maior a diferença de altura de uma classe em relação às demais, maior será o gral de agudez, ou curtose, da amostra. Que também pode ser representada pela razão entre o espalhamento na parte central da amostra e o espalhamento nas caudas da distribuição. A Curtose é o parâmetro que designa o gral de afilamento da curva, ou seja se a

Curva de Freqüência que representa o conjunto é mais “afilada” ou mais “achatada” em relação a uma *Curva Padrão*, chamada de *Curva Normal*.

Ela será *leptocúrtica* se for bastante afilada, *mesocúrtica* se tiver distribuição normal e *platicúrtica* se for achatada. O cálculo é feito segundo a fórmula descrita abaixo:

$$Kg = \frac{(\%95 - \%5)}{2,44(\%75 - \%25)}$$

Classe de curtose em fi	Classificação
0.41 a 0.67	Muito platicúrtica
0.67 a 0.90	platicúrtica
0.90 a 1.11	mesocúrtica
1.10 a 1.50	leptocúrtica
1.50 a 3.00	Muito leptocúrtica
> 3.00	extremamente leptocúrtica

Classificação Folk 1968

Tabela 2 – Tabela de classificação de curtose segundo Folk (1968).

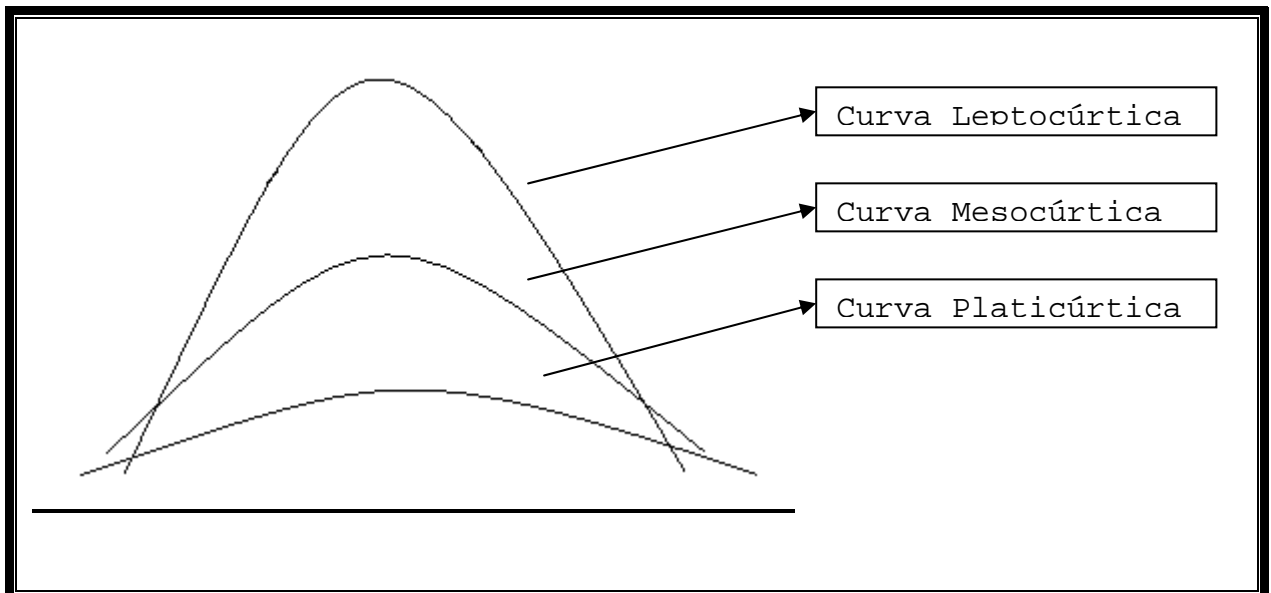


Figura 17 – Situações de Curtose de um conjunto: *Mesocúrtica* – com uma distribuição normal (nem muito achatada e nem muito afilada), *Platicúrtica* – a curva mais achatada e *Leptocúrtica* – a curva mais afilada, retirado de Baisch et al.(2003).

Segundo Fermino (2007), a curtose é bem visível, onde pode ser observada no topo da camada 1 uma tendência a forma “platicúrtica”, a única ocorrência no testemunho. Porém “ainda no topo da camada, ocorre um retorno a forma ‘mesocúrtica” que só dará lugar a “leptocúrtica” no meio da camada 2 até a camada 4, sofrendo em poucas localidades interferência da forma “mesocúrtica”, na base da camada 3 e no topo da camada 4 de onde segue invariavelmente até o topo da sucessão, demonstrando uma alternância entre as formas “leptocúrtica” e “mesocúrtica” até o topo do testemunho, (Figura 15 (e)).

4.1.5.3 Gral de Seleção

O gral de seleção tem relação com a variação granulométrica do sedimento e sua energia de transporte.

Segundo Suguio (1973) existe uma correlação entre o gral de seleção e o diâmetro médio, onde o primeiro aumenta em função do decréscimo do segundo.

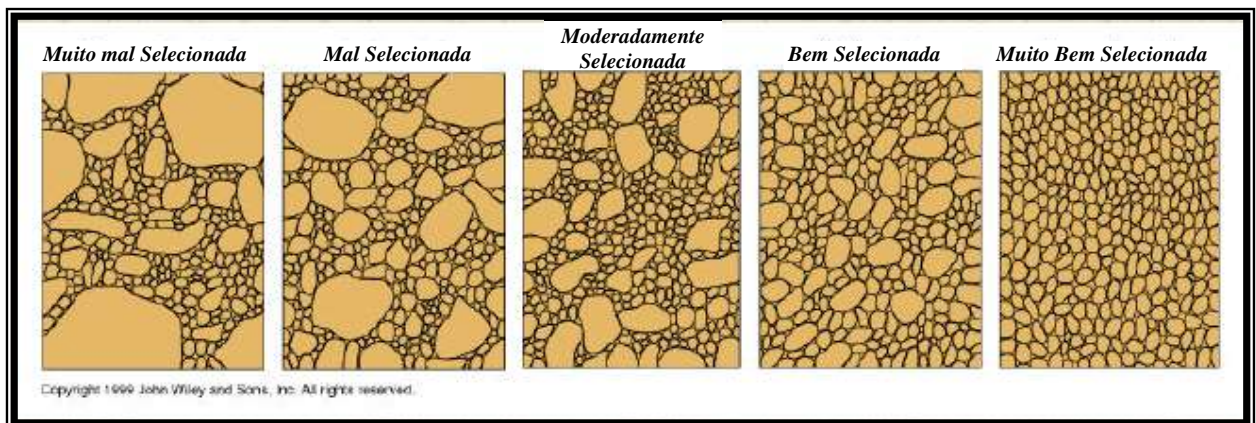


Figura 18 – Exemplos de tipos de seleção, retirado de Folk (1968.)

Segundo Fermino (2007), no diagrama de seleção versus profundidade fica evidente que este aumenta da base para o topo da sucessão, estando relacionado com o diâmetro médio, (Figura 15 (f)). O mesmo classifica os sedimentos da camada 1 como sendo muito pobremente selecionado, seguindo assim até o topo da camada 4, tendo um nível isolado no topo da camada 3 (80-82cm), classificado como pobremente selecionado. Já a camada 5

apresenta-se pobremente selecionado prosseguindo assim até o topo da camada 6, aparecendo apenas dois níveis onde o grau de seleção diminui passando novamente para muito pobremente selecionado, nos intervalos 48-50 e 36-38 cm, onde é possível visualizar no gráfico, como os dois picos na base e no topo da camada 5, (Figura 15 (f)).

$$\text{Grau de seleção } (\sigma): (\text{desvio padrão gráfico}) \frac{(\phi 84 - \phi 16)}{4} + \frac{(\phi 95 - \phi 5)}{6,6}$$

Classe em f_i	Classificação
0,00 a 0,35	Muito bem selecionada
0,35 a 0,50	Bem selecionada
0,50 a 0,71	Moderadamente bem selecionada
0,71 a 1,00	Moderadamente selecionada
1,00 a 2,00	Pobremente selecionada
2,00 a 4,00	Muito pobremente selecionada
> 4,00	Extremamente mal selecionada

Tabela 3 – Classificação do grau de seleção segundo Folk (1968).

4.1.5.4 Assimetria

Segundo Folk (1968), as medidas de assimetria referem-se à forma da curva de uma distribuição de frequências, mais especificamente do polígono de frequência ou do histograma. Ocorre quando a moda, média e mediana recai em pontos diferentes da distribuição, isto é, apresentam valores diferentes, sendo que o deslocamento desses pontos pode ser para a direita ou para a esquerda, onde se verifica normalmente um desvio tendente para os grãos grossos - assimetria negativa, ou para os grãos finos - assimetria positiva (Figura 19).

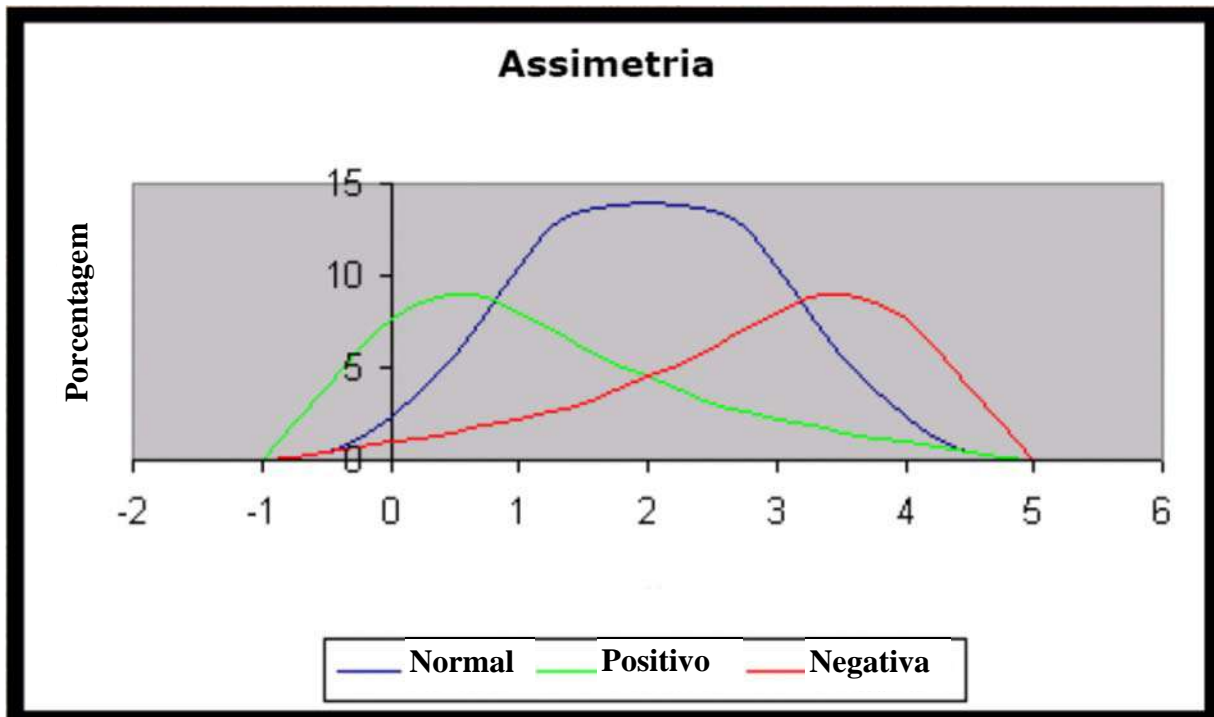


Figura 19 – Gráfico representativo das curvas ou distribuição de frequência simétrica e assimétrica, Parâmetros estatísticos retirados da curva log normal.

A fórmula para o cálculo da assimetria (S), esta descrita abaixo:

$$S = \frac{\phi 84 + \phi 16 - 2(\phi 50)}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 95 + \phi 5 - 2(\phi 50)}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

Classe em phi	Matematicamente	Graficamente assimetria para os:
+1.00 a +0.30	Assimetria muito positiva	Valores de phi muito negativos, grossos
+0.30 a +0.10	Assimetria positiva	Valores de phi negativos
+0.10 a - 0.10	Aproximadamente simétrica	Simétrica
- 0.10 a - 0.30	Assimetria negativa	Valores de phi positivos
- 0.30 a - 1.00	Assimetria muito negativa	Valores de phi muito positivos, finos

Tabela 4 – Classificação de assimetria segundo Folk (1968).

Segundo Fermino (2007), o comportamento do grau de assimetria ao longo dos estratos, foi interpretado como sendo sempre positivo, e contendo uma tendência para sofrer um

deslocamento para a direita, em direção as frações finas, com um padrão “zigue-zague”, obedecendo a essas variações alternadas até a profundidade 72-74 cm, em que se torna mais ou menos estável até atingir o nível de 66-68 cm (Figura 15 (g)). Logo após esse nível inverte seu deslocamento para a esquerda, em direção das frações mais grossas, porém com uma inclinação maior e oscilações menores, ainda com padrão “zigue-zague”, continuando assim através das camadas 4, 5 e 6 até o topo do testemunho.

4.1.5.5 Curvas e frequência granulométrica

A moda de uma distribuição granulométrica foi definida por Krumbein & Pettijohn, em 1938, como o diâmetro mais freqüente dessa distribuição. Como tal, constitui medida de tendência central relevante, que pode ser diferente da média e da mediana, sendo com freqüência mais significativa que estas quando se pretende efetuar análise da dinâmica sedimentar. A moda pode também ser definida como o ponto de inflexão principal da curva de distribuição. A moda assim definida é a moda principal da distribuição. Contudo, a distribuição granulométrica pode ter, além da moda principal, outras classes de diâmetros muito freqüentes (mais freqüentes do que as classes vizinhas), ou seja, a curva pode ter outros pontos de inflexão, definindo se, assim, modas locais ou secundárias. Estas distribuições, com mais do que uma moda, são denominadas por polimodais, segundo Dias (2004).

Segundo Baisch *et al.* (2003), a moda situa-se dentro da classe modal. Sedimentos maduros, retrabalhados (Ex: areias de praia e dunas) são usualmente unimodais, enquanto que sedimentos imaturos, pouco retrabalhados são bi ou polimodais.

Segundo Fermino (2007), com a observação dos diagramas de freqüência, o sedimento mostra-se sempre polimodal, com 4 modas da base até o nível 76-78 cm, base da camada 4 onde o sedimento passa a ter mais homogeneidade granulométrica, e com 3 modas deste nível até o topo, ocorrendo 6 modas no total, nas seguintes frações granulométricas:

- De 0,2 a 0,9 μm – argila.
- De 2,0 a 15,0 μm – de argila a silte médio.
- De 15,0 a 70,0 μm – silte médio a areia muito fina.
- De 15,0 a 170,0 μm – silte médio a areia fina.
- De 70,0 a 140,0 μm – de areia muito fina a areia fina.
- De 140,0 a 500,0 μm – areia fina a média.

Pode-se notar a influência destas modas, principalmente as de granulometria mais grossa, na alternância do diâmetro médio, predominantemente nos níveis das camadas 1, 2 e 3.

4.1.6 Mineralogia

Segundo Fermino (2007), foi possível identificar através de alguns espectros de infravermelho os principais minerais que ocorrem nos sedimentos do testemunho, são eles os carbonatos como a aragonita e a calcita, os argilominerais como caolinita, illita e esmectitas e o grupo da sílica com o quartzo e a sílica amorfa. Foi possível ainda identificar o teor de carbonatos através de dois métodos, o de mineralogia de infravermelho com o teor de 60 a 89% e pelo método de descarbonatação por HCl com o teor de 96 a quase 99% de carbonatos. Isso se deve possivelmente a dissolução dos argilominerais e da matéria orgânica pelo HCl durante a descarbonatação, se tornando mais evidente se somarmos os teores relativos das curvas das argilas, da caolinita e dos carbonatos totais (I.V.) chegando a teores muito próximos dos atingidos pela curva de carbonatos totais do método da descarbonatação com HCl.

O teor de carbonatos, parece numa escala maior, acompanhar o diâmetro médio, tanto no método da descarbonatação com HCl, como na mineralogia por infravermelho, indicando uma contribuição significativa dos carbonatos na fração silte, (Figura 15 (h) e 20).

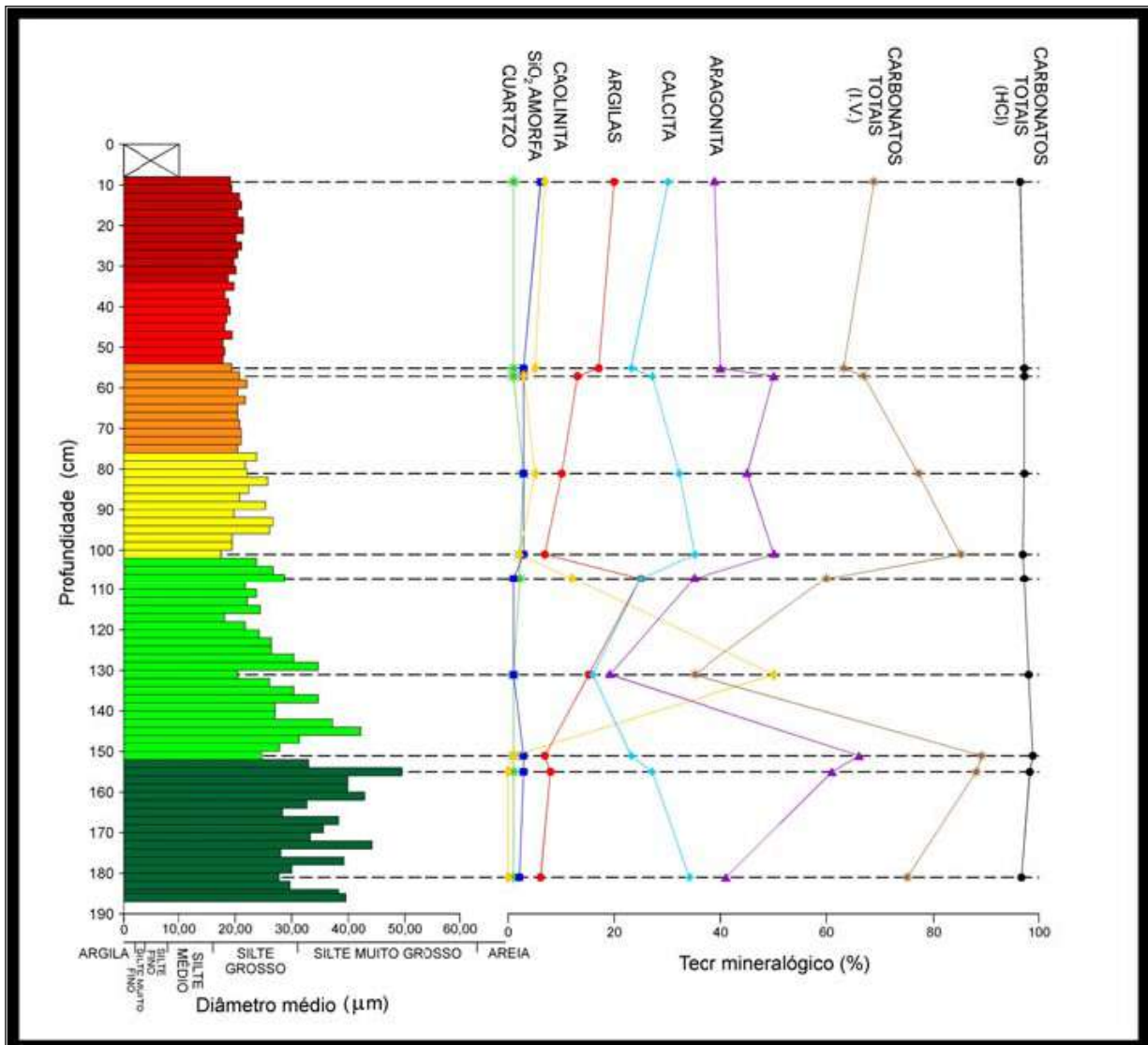


Figura 20 - Diagrama de teor mineralógico, correlacionando a mineralogia (método de espectrometria por infravermelho) com a granulometria e teor de carbonatos (método da decarbonatação com HCl). Nota-se a grande anomalia de caolinita no nível 130-132 cm, retirado de *Fermino et al. (2007)*.

A caolinita teve papel significativo na dissolução conjunta dos argilominerais com os carbonatos e a matéria orgânica, onde no nível 130-132 cm ocorreu uma anomalia de caolinita. O mesmo nível apresentou o segundo maior teor de carbonatos no método da decarbonatação, demonstrando a grande dissolução sofrida pela caolinita onde a curva de carbonatos totais (HCl) não acompanha a curva de carbonatos totais (I.V.), a qual sofre uma grande redução nos seus teores, *Fermino (2007)*.

O mesmo cita ainda que um fato interessante de se observar é o comportamento da curva da caolinita em relação à curva da aragonita, estando sempre inversa e em taxas diferentes a variação de seus teores ao longo do testemunho (Figura 20).

Os teores de sílica e sílica amorfa foram considerados por Fermino (2007) muito pequenos variando 1 a 3% e de 1 a 6% respectivamente.

4.2 Preparação e análise das amostras

A espectroscopia de infravermelho é um tipo de espectroscopia de absorção a qual usa a região do infravermelho do espectro eletromagnético.

Como as demais técnicas espectroscópicas, ela pode ser usada para identificar um composto ou investigar a composição de uma amostra.

O princípio do uso da técnica do infravermelho se deve ao fato de que as posições relativas dos átomos nas moléculas não são fixas, mas variam continuamente como consequência de uma grande quantidade de diferentes tipos de vibração (modo vibracional da molécula). Quando essas moléculas são sujeitas a radiação com a energia semelhante a correspondente a essas vibrações (radiação infravermelha), as moléculas podem alterar o seu estado de vibração (excitação), e ocorre a absorção da radiação correspondente a diferença de energia entre o estado inicial e o estado excitado, segundo Lima (2005).

A região do infravermelho pode ser ainda dividida em três sub-regiões distintas: o infravermelho distante, o infravermelho próximo (NIR, *Near Infrared*), que compreende a radiação com números de onda entre 4.000 e 15.000 cm^{-1} e o infravermelho médio (MIR, *Mid Infrared*), entre 200 e 4.000 cm^{-1} , segundo Santos (2005). Para a realização desse trabalho foi estudada a região do infravermelho médio, onde ocorrem as transições fundamentais, são assim chamadas porque a molécula passa do estado fundamental (ou de menor energia) para o estado excitado imediatamente superior. Esta característica faz da espectroscopia no

infravermelho médio uma técnica excelente na caracterização da composição das amostras, segundo Santos (2005).

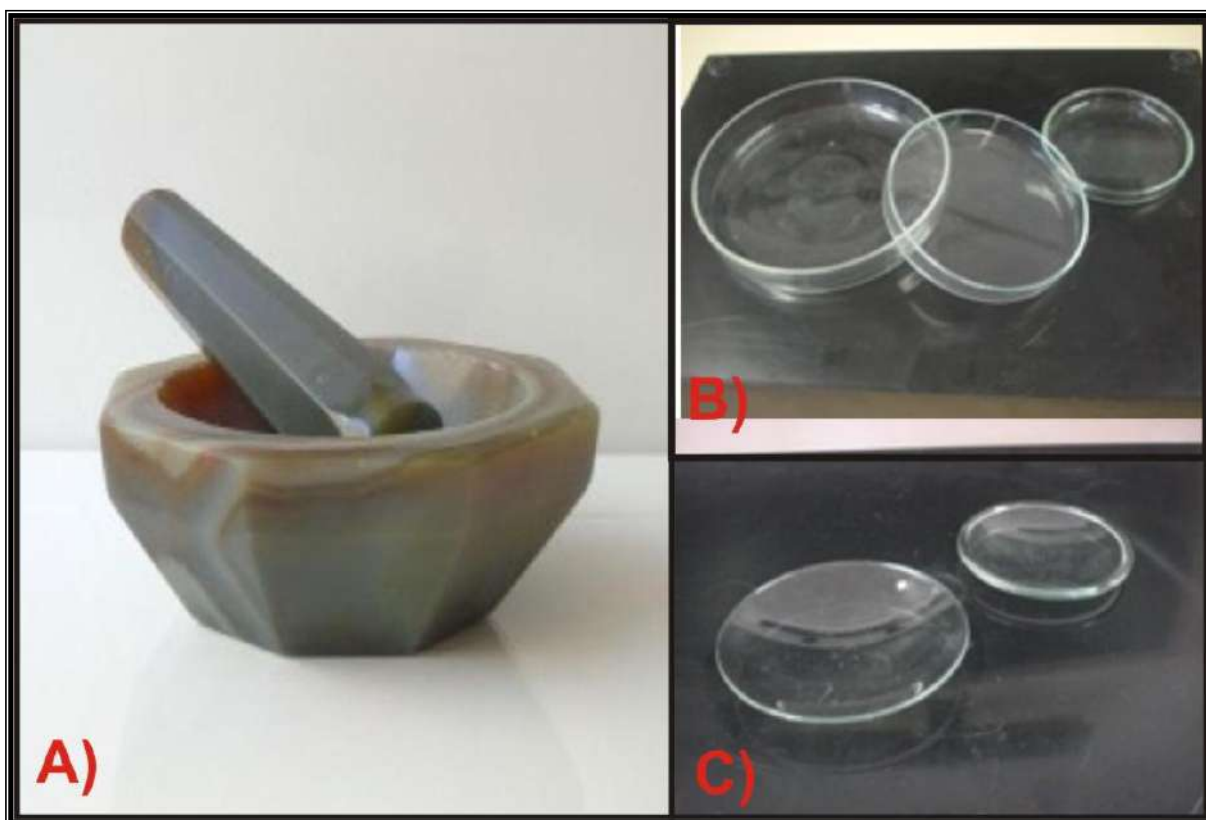
O testemunho possui no total 187 cm de comprimento, foram separadas amostras como descrito anteriormente, de 2 em 2 cm, perfazendo um total de 90 amostras, destas foram analisadas neste trabalho 47 amostras. As mesmas foram dispostas da seguinte forma, da amostra 08-10 cm até a amostra 20-23 cm foi feito de forma contínua, dando um total de 8 amostras, com o objetivo de detalhar o topo para possível associação de evento geológico de modo a detalhar os eventos do período recente; e da amostra 24-26 até 180-182 cm foi feita de forma alternada, ou seja, uma amostra sim outra não, dando um total nesta parte de 39 amostras. Para a determinação da mineralogia por espectrometria de infravermelho cada amostra passou pelos seguintes procedimentos:

Primeiramente cerca de 1,00 g da amostra é colocada em uma “placa de petri” (Figura 21(B)), devidamente esterilizada e identificada e posteriormente levada para a estufa para secagem por 48 horas em uma temperatura de 50° C.

Após a secagem as amostras passaram por um processo de pré-maceração manual em gral e pistilo de ágata (Figura 21 (A)), até atingirem uma consistência de “talco”. Em seguida todas as amostras foram colocadas em potes devidamente esterilizados e identificados.

Na seqüência, para a maceração elétrica, foram usadas cápsulas de ágata (Figura 22 (B)) que continham 3 esferas da mesma composição. Foi colocada dentro da cápsula cerca de 0,008g da amostra, completando com acetona, tomando cuidado para não deixar ar. A cápsula foi identificada e lacrada com fita adesiva para que não ocorresse risco de vazamento e posteriormente foi colocada no macerador elétrico.

O macerador utilizado foi da marca Specamill (Figura 22 (A)), onde a maceração durava cerca de 6 hs com intervalos a cada uma em uma hora de 15 min., levando a redução do tamanho máximo das partículas de sedimento, a aproximadamente 2 µm. Após esse período a cápsula era retirada do macerador com cuidado para não vazarem.



(Figura 21 – Alguns equipamentos de laboratórios usados no trabalho: A) Gral e pistilo de ágata, B) Placa de petri e C) Vidro de relógio.

A amostra então era passada para um “vidro de relógio” (Figura 21 (c)), no qual se encontrava identificado e limpo. O material então foi levado a estufa a 50° C por 12 h para a volatilização total da acetona.

Para a preparação de amostras sólidas para o traçado de espectros de infravermelho foi utilizado o método de mistura com KBr e confecção de uma pastilha. O brometo de potássio (KBr) é higroscópico, ou seja, apresenta tendência para absorver água, tornando difícil a preparação de uma pastilha completamente livre de umidade. Porém o mesmo foi utilizado por ser transparente na região do infravermelho médio e pela facilidade que é macerado e prensado na forma de uma pastilha.

Para a confecção da pastilha foi pesado cerca de 0,001 g (1 mg) da amostra (em vidro de relógio) e adicionado 0,399 g de KBr pré-macerado, constituindo um total de 0,4 g, o qual foi transferido para um gral de ágata, onde tanto o KBr quanto a amostra estavam puros e secos, para serem homogeneizados até atingirem um diâmetro de partículas adequado (aspecto a de

um talco). Destes 0,4 g, apenas 0,3 g é utilizado para a confecção da pastilha, sendo levado para a estufa a 50° C por 1 h.

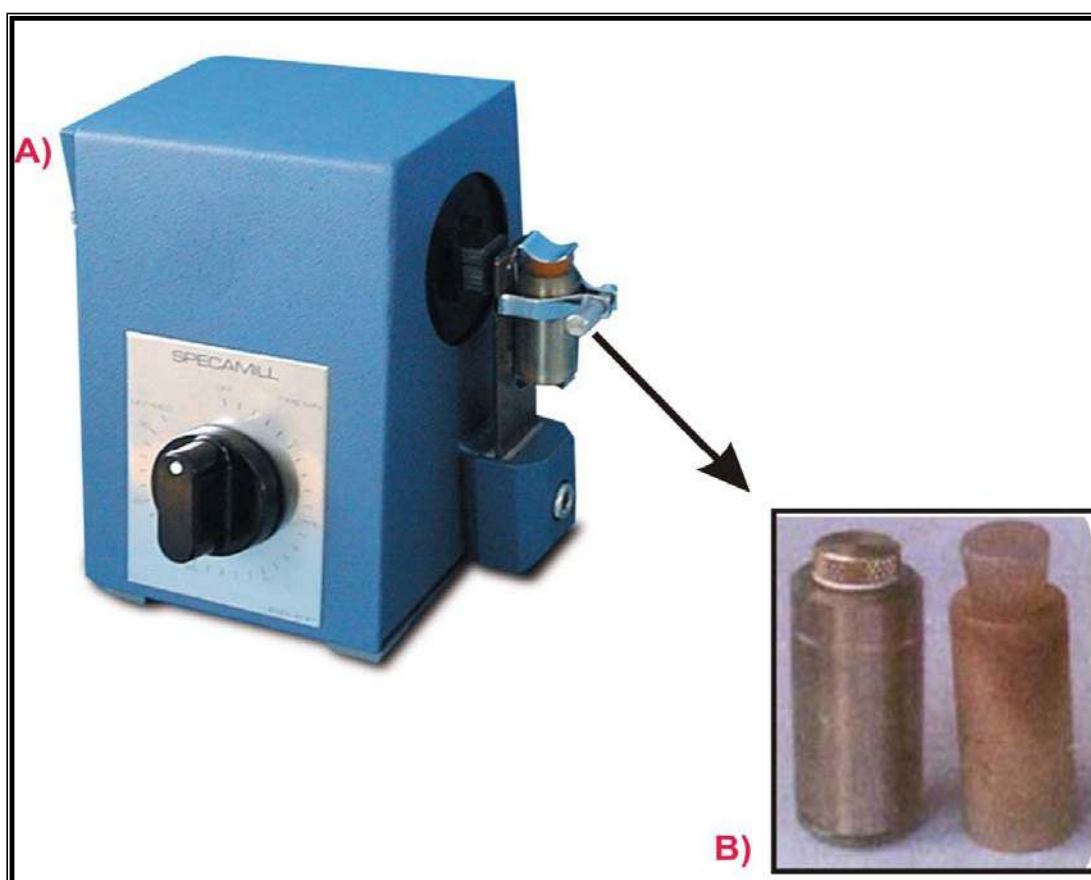


Figura 22 – Equipamentos utilizados na maceração elétrica: A) Macerador elétrico Specamill e B) Cápsula de ágata.

Em seqüência é preparado o pastilhador (Figura 23), colocando uma pastilha de ferro com a face polida virada para cima (Figura 23 (c)), em seguida foi transferida a amostra (mistura de sedimento + KBr) através do orifício do mesmo. Logo após foi colocado o cilindro de compressão com a face polida virada para baixo (Figura 23 (d)), seguida de uma rosca e borrachas no topo para lacrar evitando assim a entrada de ar, (Figura 23 (e)). O conjunto foi colocado na prensa hidráulica manual de marca Perkin Elmer e o tubo de vácuo devidamente colocado no local apropriado (Figura 24 (b)).

Após toda montagem, foi ligada a bomba de vácuo (Figura 24 (a)), no qual ficou ligada por cerca de 15 min sem nenhuma pressão. Esse procedimento melhora homogeneidade e

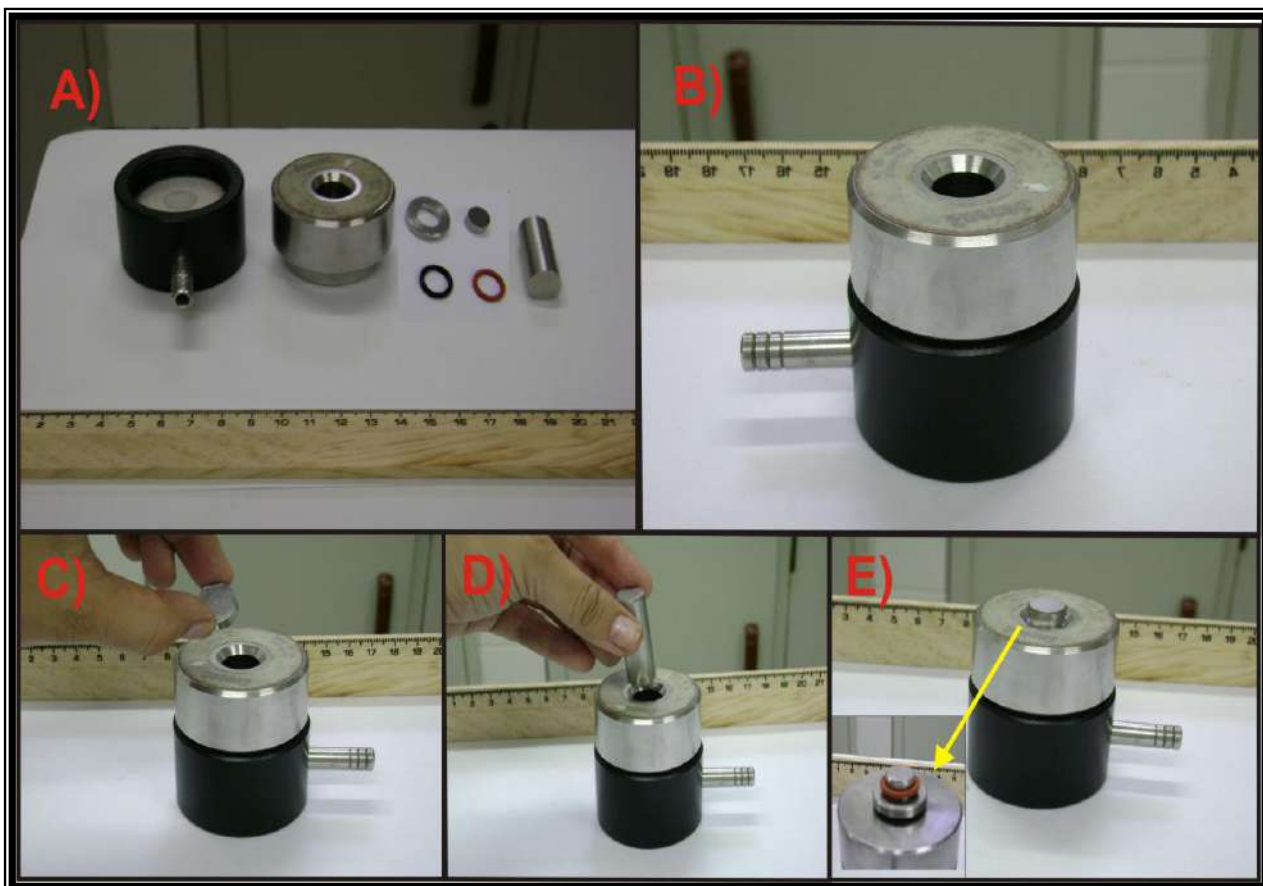


Figura 23 – Esquema simplificado da montagem do pastilhador: A) Peças que compõem o pastilhador; B) Parte superior ao pastilhador acoplada a parte inferior; C) Pastilha de ferro sendo inserida com a parte polida virada para baixo; D) Cilindro de compressão sendo inserido ; E) Pastilhador montado, com detalhe das borrachas e rosca inseridas no topo do pastilhador.



Figura 24 – Equipamentos usados para confecção das pastilhas: A) Bomba de vácuo e B) Prensa hidráulica manual de marca Perkin Elmer

estabilidade da pastilha, pois permite remover o ar bem como os resíduos de água ou solventes presentes na amostra.

Em seguida a amostra foi deixada sob pressão de 9 ton/cm² por cerca de 15 min. Logo após esse intervalo de tempo, a pressão é diminuída gradualmente até repor lentamente a pressão atmosférica. Passado essas etapas o pastilhador é retirado da prensa hidráulica e desmontado, retirando cuidadosamente a pastilha, tomando sempre cuidado para não tocá-la.

A pastilha é embalada em envelope de papel e levada para a estufa a 50 °C por 24h para uma secagem efetiva. Segundo A.Vieira (2004), após a confecção da pastilha é importante observar se a mesma está transparente, se não estiver isso pode ser consequência de:

- ✓ Distribuição irregular da mistura do pastilhador
- ✓ Demasiada amostra
- ✓ Demasiado brometo de potássio
- ✓ Amostra mal dispersa no KBr
- ✓ Presença de água na pastilha
- ✓ Compressão insuficiente (pouca pressão e /ou pouco tempo

Para a elaboração das “assinaturas” espectrais utilizou-se um espectrômetro de infravermelho da marca Perkin Elmer, modelo Spectrum 1000 e seu respectivo software “Spectrum v3.02”(Figura 25).

Primeiramente, foi escaneado uma pastilha feita apenas por KBr, que chamamos de “branco”, em seguida foram passadas as pastilhas das amostras onde foram obtidas as “assinaturas” espectrais de absorção de infravermelho, num *range* de comprimento de onda entre 2,5 e 40,0 μm e resolução de 2500,0 μm, no eixo das abscissas, sendo plotados os dados relativos a absorbância no eixo das ordenadas (Figura 26). Os dados foram salvos em extensão ASC para serem usados na próxima etapa.

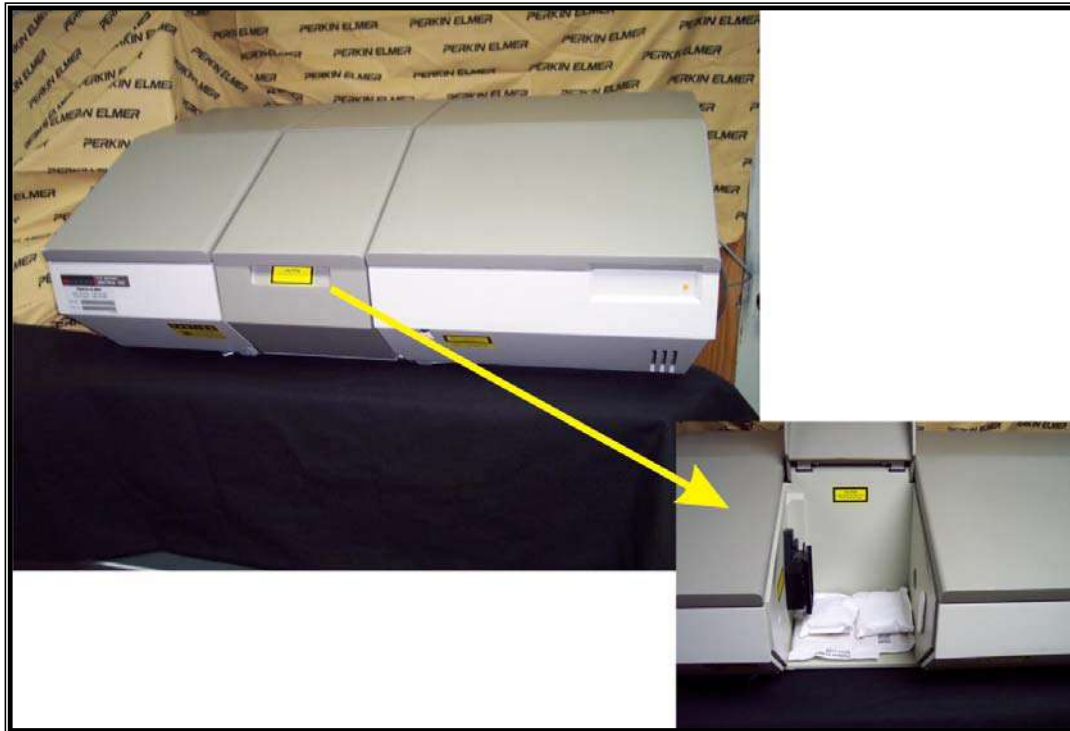


Figura 25- Espectrômetro de infravermelho de marca Perkin Elmer, modelo Spectrum 1000 com detalhe na parte interna onde se coloca a pastilha de KBr para a leitura.

Para a geração das assinaturas, foi utilizado o software MATLAB 7.0 com a programação Quanti Spectres FTIR V4. 1 (Figura 27), onde foi realizada uma correção de linha de base, para cada espectro, e orientado o zero para a origem do eixo das ordenadas e a quantificação dos minerais de interesse para esse trabalho, tais como: calcita, aragonita, dolomita, esmectitas, caolinita, ilita, quartzo e sílica amorfa.

Foram coletados materiais para datação com C^{14} de quatro níveis ao longo do testemunho (Figuras 14 (b))

Para a interpolação das idades para todos os níveis do testemunho foi utilizado as datações de ^{14}C no programa Cubic_Spline_v101 ex2, que funciona como uma curva definida matematicamente por dois ou mais *pontos de controle*. Os pontos de controle que ficam na curva são chamados de *nós*.

Segundo H. Anton (2001), para a formulação matemática de um spline, por conveniência, criam-se pontos igualmente espaçados na direção do eixo x.

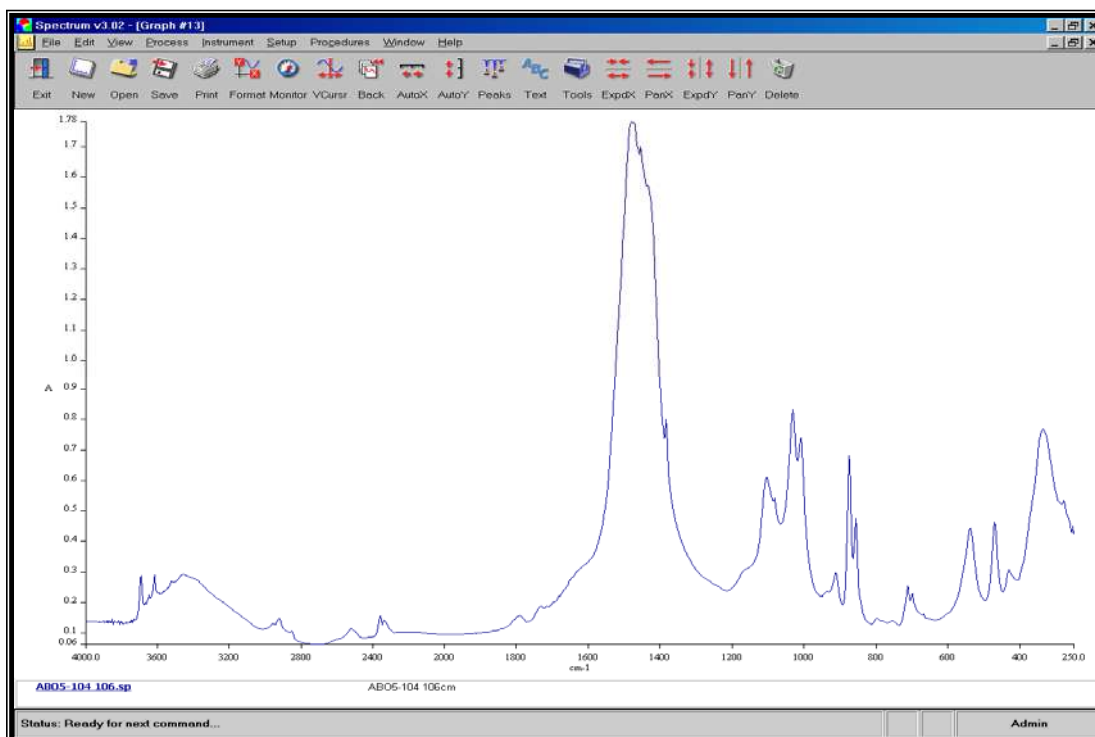


Figura 26 - Janela do software “Spectrum”, mostrando uma assinatura espectral (nível 104-106 cm), com seus picos de “absorbância” de infravermelho, relativos a cada comprimento de onda absorvido

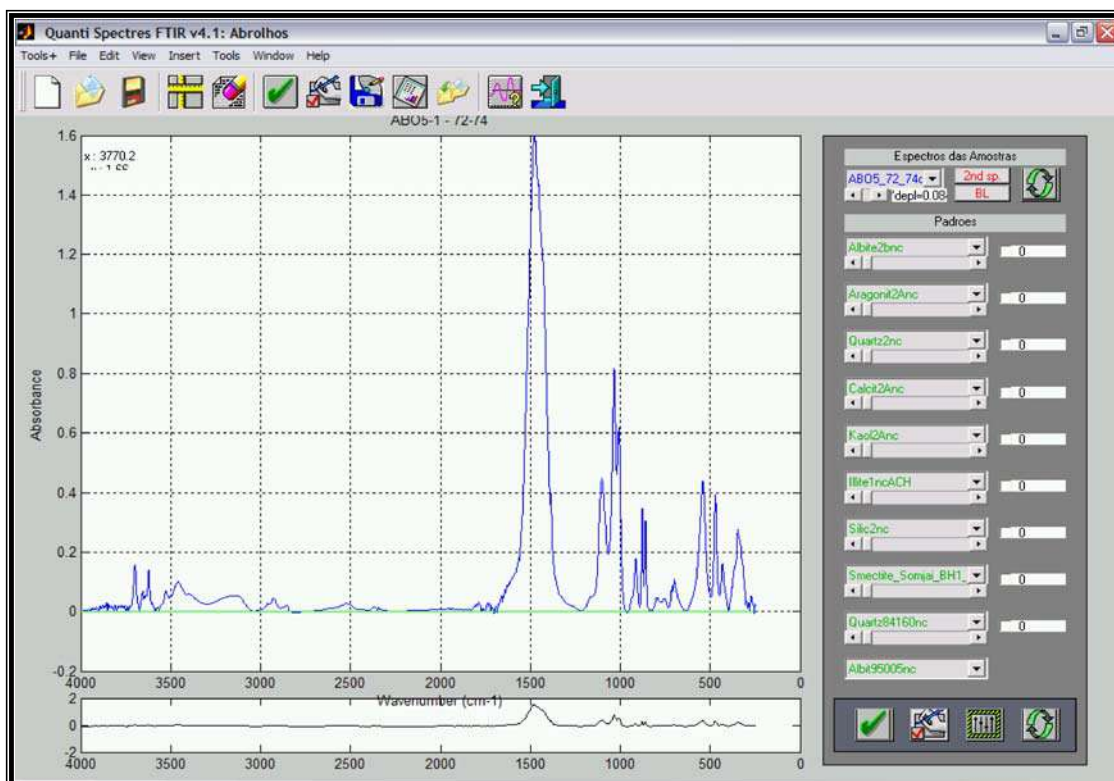


Figura 27 – Janela do software MATLAB 7.0 com a programação *Quanti Spectres FTIR V4.1*, mostrando a assinatura espectral (nível 72-74 cm), com seus picos de absorbância de infravermelho, relativos a cada comprimento de onda absorvido.

Assim, a partir de n pontos igualmente espaçados, encontram-se $n-1$ curvas, cada uma interpolando dois pontos de maneira que a união destas forme a curva interpoladora. É interessante que esta curva seja suave o bastante para satisfazer esteticamente a visão humana, (Figura 28).

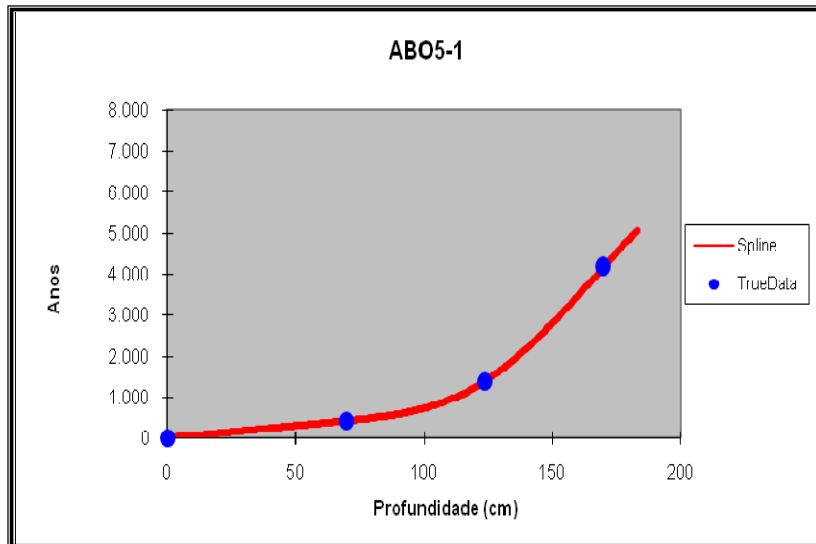


Figura 28- Curva interpoladora com os dados de datação do testemunho do Arquipélago de Arolhos.

5. Resultados e Discussões

Através das análises por espectrometria de infravermelho, ficaram definidos os principais minerais que ocorrem nos sedimentos do testemunho, são eles os carbonatos como a aragonita, calcita e dolomita, os argilominerais como a caulinita, illita e esmectitas, e o grupo da sílica como o quartzo e a sílica amorfa.

Os teores de carbonatos obtidos são muitos elevados mostrando-se oscilando entre 60 a 99%, onde os teores mais elevados se apresentaram na base do testemunho, (Figura 29).

A partir do nível 128-130 cm os carbonatos começam a apresentar várias quedas significativas em seus teores obtendo valores de 60 a 96%, quando chegam ao nível 60-62 cm, os carbonatos voltam a apresentar valores altos de 89 a 96%, permanecendo assim até o nível 28-30 cm onde até o topo do testemunho ocorrem mais 2 quedas significativas, nos níveis 24-26 cm e 12-14 cm.

Nos níveis que ocorrem essas quedas bruscas de carbonatos, ocorre grande anomalia de caulinita, variando de 12,5 a 29% de teor. Isso demonstra uma grande contribuição de siliciclásticos que de sedimentos carbonáticos autóctones no ambiente deposicional, onde esses últimos mostram uma tendência à redução para o topo do testemunho.

Os valores encontrados por Fermino (2007), para o método de descarbonatação foi de 96 a 99% o que difere dos valores encontrados na técnica de infravermelho que vão de 60 a 99%, podendo ser possivelmente a dissolução dos argilominerais e da matéria orgânica pelo HCl durante a descarbonatação. Pode se observar que a caulinita deve nesse caso sofrer dissolução conjunta dos argilominerais com os carbonatos e matéria orgânica, pois nos picos de caulinita verifica-se teores altos de carbonatos de 96 a 97% no método de descarbonatação, o que demonstra uma grande dissolução sofrida pela caulinita.

Os outros argilominerais, illita e esmectita acompanham a maior parte dos picos de caulinita, com os teores variando de 0 a 4% e de 0 a 8% respectivamente (Figura 32).

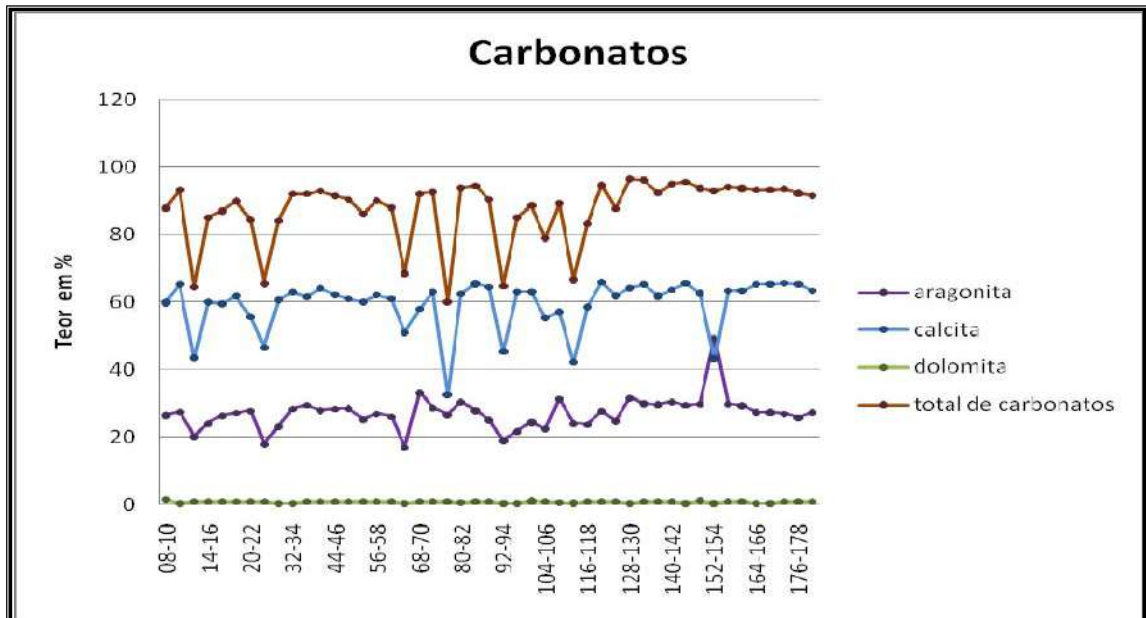


Figura 29- Gráfico com os teores de todos os carbonatos plotados, mostrando os maiores valores de carbonatos totais na base do testemunho.

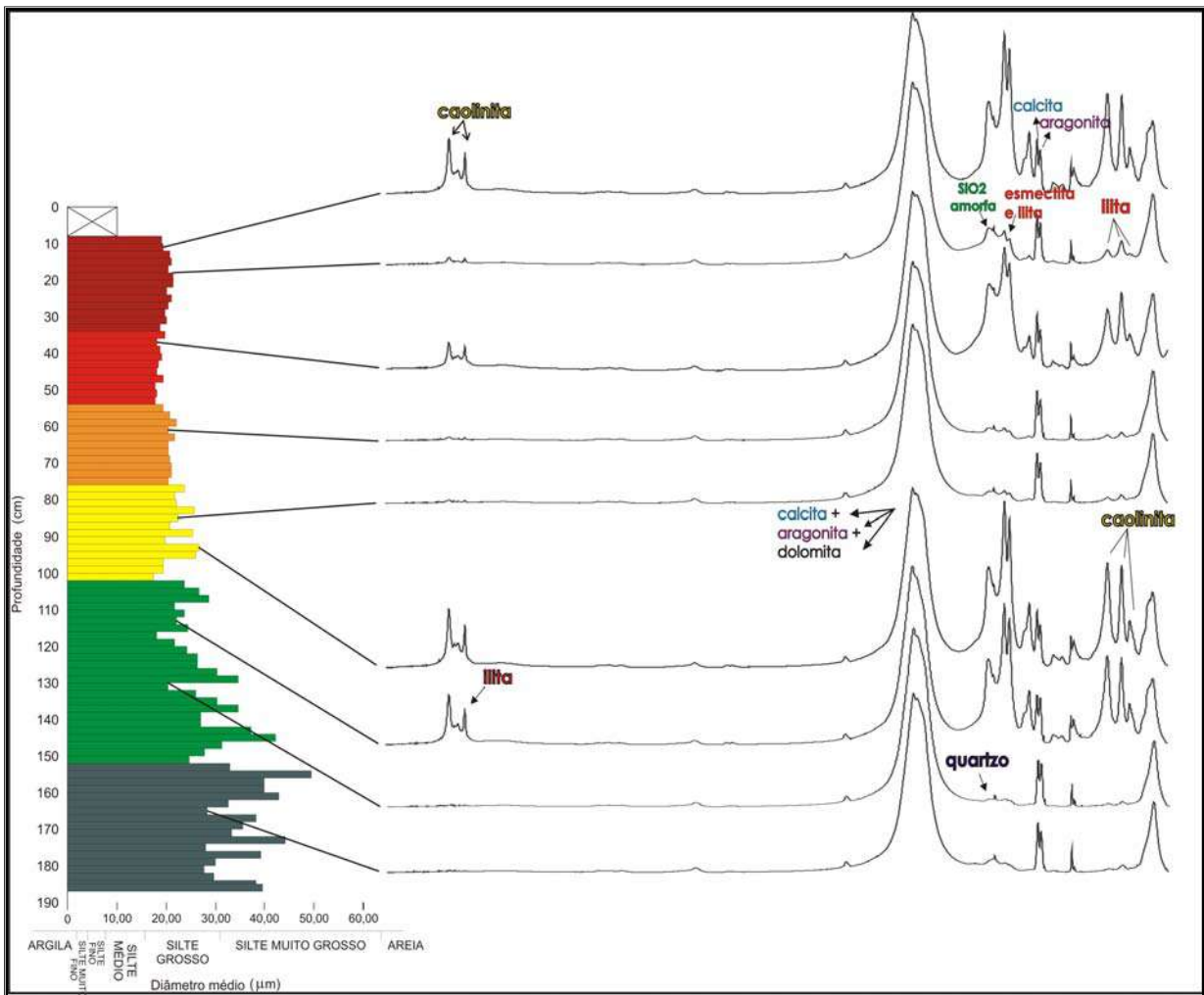


Figura 30- Assinaturas espectrais de infravermelho selecionadas ao longo do testemunho em suas posições estratigráficas correspondentes.

Foi possível observar a variação das proporções de aragonita e calcita em direção ao topo, notamos que as duas apresentaram muitas vezes uma variabilidade muito parecida, quando aumenta uma aumenta a outra, só que em taxas diferentes, o mesmo acontece para as reduções. Este comportamento só não se apresenta nessa conformidade no nível 152-154 cm, onde a calcita sofre uma queda brusca e a aragonita um aumento no seu teor, cerca de 45,77% de calcita e 52,11% de aragonita, (Figura 31 e 32).

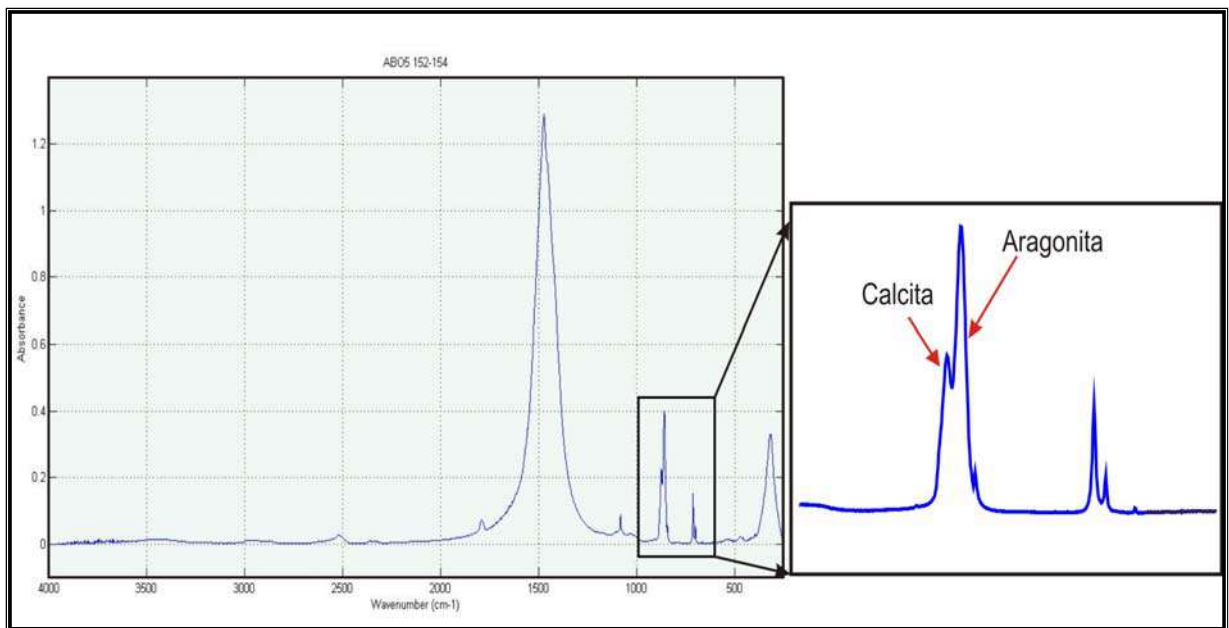


Figura 31- Espectro do nível 152-154 cm, mostrando em destaque o aumento de aragonita em relação à calcita.

Subindo na estratigrafia, pode observar que a caolinita vai aumentando assim como os outros argilominerais.

Os teores de dolomita encontrados, foram pequenos com valores de 0,5 a 1,5% .

Os teores de quartzo se apresentam em níveis pequenos de 0,5 a 3%, sendo o seu maior valor encontrado nos intervalos 64-66 cm e 52-54 cm.

Os teores de sílica amorfa, se mostraram bem variados, na base os teores foram quase inexistentes com valores de 0 a 0,5%, aumentando a partir do topo da camada 2 com valores de 0,5 a 8% coincidindo quase sempre com o aumento de caolinita.

Para as datações com ^{14}C realizadas em 4 níveis amostrados (Figura 14), foram encontradas as seguintes idades:

Intervalos amostrados	Material	Idade A.P
AB 05-1 10-11	sedimento	recente
AB 05-1 69-74	concha molusco	420
AB 05-1 124-125	sedimento	1390
AB 05-1 168-171	concha molusco	4160

Tabela 5 – Tabela com os resultados das datações de ^{14}C .

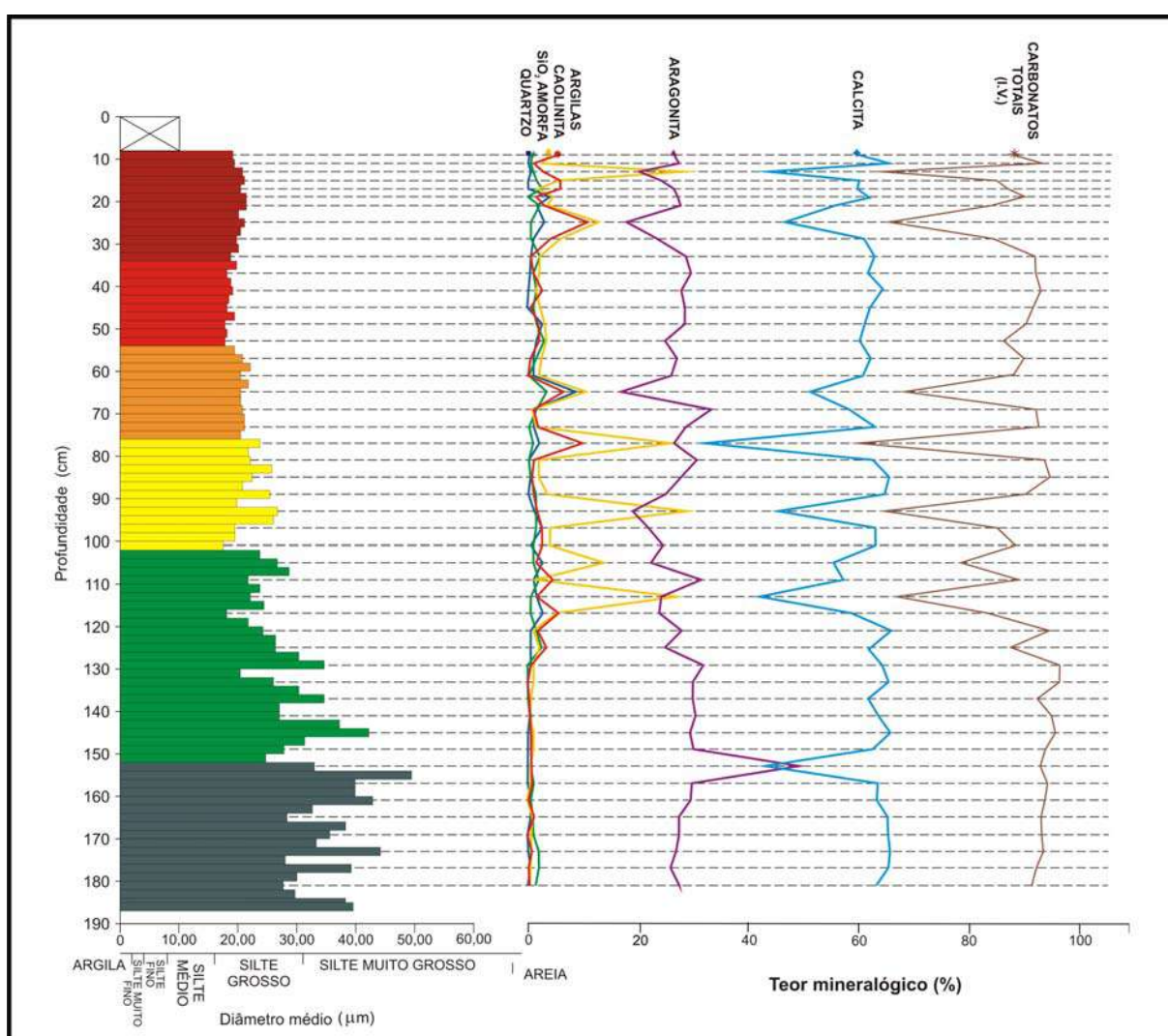


Figura 32- Diagrama de teor mineralógico, correlacionando as mineralogias com o a granulometria. Nota-se a anomalia da caolinita com a aragonita no nível 152-154 cm.

Segundo Folk (1974b) na água marinha rica em íons de Mg^{+2} (0,13%) a calcita é muito raramente cristalizada por processos inorgânicos, sendo a aragonita e a calcita magnesiana as mais comuns.

De acordo com Milliman (1974), apesar dos íons de Mg^{+2} serem abundantes na água dos oceanos, seu principal papel é inibir a nucleação da calcita.

Os carbonatos são sais inorgânicos (íon CO_3^{-2}), dentro dele há uma ligação muito forte e parcialmente covalente, porém são iônicas as ligações que unem o íon carbonato a outros íons como por exemplo os metálicos. A substituição entre eles se dá pelos seus tamanhos relativos. No caso da substituição do cálcio na calcita pelo magnésio ou vice e versa é difícil por causa das grandes diferenças nos raios (diferença de 33%) onde os raios são de $R_A=0,99\text{Å}$ e $R_A=0,66\text{Å}$ respectivamente, segundo Dana (1969).

Os íons de magnésio são envolvidos por uma “capa” de hidroxilas (hidratação), as quais não desconectam facilmente, e quando por fim se conectam na estrutura cristalina da calcita, ocorre uma interferência na cristalização da mesma, favorecendo a cristalização de aragonita e calcita magnesiana, de modo que a razão Mg^{2+}/Ca^{2+} funciona como um controlador da precipitação de calcita ou aragonita, segundo Folk (1974b).

Segundo Dana (1969), ao se tentar fazer com que cresçam cristais de magnesita ou de calcita em presença de grandes concentrações de íons tanto de cálcio quanto de magnésio não resulta em uma solução sólida extensa, forma-se cristais estratificados com camadas de íons de carbonatos alternando-se em camadas de íons de magnésio e depois outra de cálcio, este é o mecanismo de sal duplo (dolomita).

A redução do teor de aragonita equivalente à redução do teor de calcita observado em quase todo testemunho com exceção na anomalia do nível 152-154 cm, parece ser explicada pela concentração de aragonita estar declinando nas águas oceânicas modernas, em função da queda da razão Mg^{2+}/Ca^{2+} , onde desde o início do Neógeno, se manteve elevada acima de 3, sendo favorável a precipitação de aragonita e calcita magnesiana, porém as condições atuais

mostram-se prejudiciais aos organismos produtores de aragonita, segundo Stanley & Hardie (1998 *apud* Hallock, 2005).

Segundo Dana (1969), a aragonita é um polimorfo instável em relação a calcita nas temperaturas e pressões comuns, aquecendo-se no ar, a aragonita transforma-se em calcita, a 400 °C. Porém em contato com água ou solução aquosa contendo CaCO₃ dissolvido, a transformação pode ocorrer na temperatura ambiente. Logo sem a presença de água a aragonita pode durar longos períodos geológicos (cerca de 100.000 anos).

Segundo Dana (1969), foi comprovada experimentalmente que as águas carbonatadas contendo cálcio depositam aragonita maior número de vezes quando estão quentes, e calcita, quando frias. A água quente retém menos CO₂ em soluções, possibilitando maior saturação de CaCO₃ e conseqüente precipitação.

A partir das datações de ¹⁴C foi possível interpolar as idades para todo o testemunho e assim associar eventos geológicos ocorridos no mesmo período de tempo.

Com a amostra do nível 152-154 cm, datada por volta de 2994 anos A.P, foi possível explicar a anomalia da calcita neste nível correlacionando a datação da mesma com a curva da variação do nível relativo do mar na região de Salvador (Martin *et al.* 1979), onde após o máximo de 5.100 anos A.P, apresentou dois importantes eventos regressivos de alta freqüência, que segundo a datação da amostra pode ser correlacionada com o 2º evento de regressão, (Figura 33). Portanto com o rebaixamento do nível do mar, as águas ficaram mais rasas e conseqüentemente mais quentes, o que propiciou uma deposição maior de aragonita.

Os pulsos de caolinita foram interpretados como sendo principalmente de sedimentos resultantes da hidrólise parcial dos plagioclásios, segundo a equação descrita por Truffi & Clemente (2002), tendo como principal área fonte as próprias rochas vulcânicas das Ilhas do Arquipélago de Abrolhos. Segundo Figuerôa (2008), a formação da caolinita por hidrólise parcial ocorre com pluviosidade alta e com infiltração pouco eficiente.



Figura 33 – Curva de variações do nível relativo do mar construída para a região de Salvador, destacando a segunda regressão que ocorre a anomalia da calcita, (modificado de Martin et al. 1979).

Os pulsos de caolinita ocorreram em curtos intervalos de tempo, indicando deposição rápida ocorrida provavelmente em períodos de alto intemperismo e pluviosidade. Gerou-se assim uma intensa deposição de argilominerais, interrompendo momentaneamente a deposição carbonática. Outra possível área fonte, porém de menor influência devido a distância seriam os sedimentos retrabalhados dos depósitos terciários da Formação Barreiras que afloram ao longo da costa.

Para interpolar as idades foi usado o *spline* que gerou também uma curva de taxa de sedimentação aparente, que se mostrou bem coerente com os demais dados, onde foi possível visualizar que os picos de caolinita começaram a acontecer nos momentos de aumento da taxa de sedimentação, colaborando para a hipótese de deposição rápida da caolinita (Figura 34).

Em relação às amostras de dolomita, sua presença mesmo que em pouca quantidade (Figura 29) indica um ambiente com teor de magnésio e cálcio altos, podendo representar até mesmo uma calcita magnesiana, porém como espectros com a referida mineralogia não estavam disponíveis, não foi possível tal confirmação.

Futuramente seria importante a confecção de um espectro padrão de uma calcita magnesiana para melhor quantificar a mineralogia total da amostra, assim como estudos de difratometria de raios-X, pois nem todos os minerais são lidos no infravermelho.

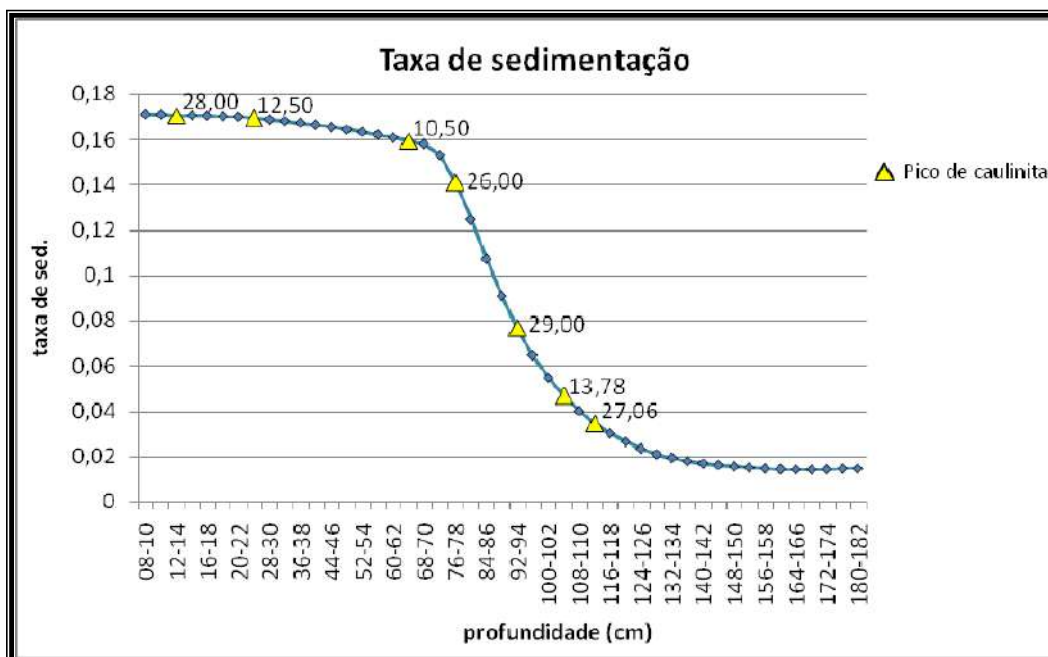


Figura 34 – Taxa de sedimentação interpolada no spline mostrando os picos de caulinita.

A integração dos dados geológicos, químico-mineralógicos e geocronológicos, permite formular a hipótese de que as condições de sedimentação desta área deram-se em associação a influências climáticas. Processos químicos e físicos, tais como hidrólise parcial dos plagioclásios e intemperismo físico, ocorridos nas rochas vulcânicas das ilhas de Abrolhos, teriam estimulado periodicamente a maior produção de caulinita; e com o predomínio de clima úmido na área, a entrada de terrígenos seria ocasionada por enxurradas torrenciais. A mineralogia em geral indica deposição em ambiente de plataforma carbonática, com granulometria classificada como texturalmente como silte arenoso, predominando a deposição de calcita sobre aragonita, com períodos de redução dos carbonatos, devido a um maior aporte de terrígenos em direção ao topo.

Finalmente, este trabalho mostra a viabilidade do meio amostral constituído pelo sopé do recife para se estudar as variações do nível do mar e do clima, através da mineralogia e geocronologia dos sedimentos do testemunho deste ambiente, sem a necessidade de técnicas mais destrutivas (amostra do recife de coral propriamente dito), mostrando desempenho compatível com estas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anton, H.; Rorres, C. Álgebra Linear com Aplicações. Editora Bookman, 2001.
- Bacoccoli, G., 1982, Offshore Brazil - twelve years of oil exploration in Watkins, J.S., and Drake, C.L., eds., Studies in continental margin geology: AAPG Memoir n. 34, p.539-546.
- Baisch, P.; Mirlean, Nicolai; Lima, Guilherme. 2003. Protocolo de coleta e análise dos sedimentos e material em suspensão. Projeto millenium. Instituto do milênio RECOS, FURG, Rio Grande, 21p.
- Barbosa, C.F., Oliveira-Silva, P., Seoane, J.C.S., Ferreira, B.P., Campelo, R.C., Bruno, B.J., Almeida, C.M., Portilho-Ramos, R., Soares Gomes, A. 2006. Diagnóstico da saúde ambiental de ecossistemas recifais da costa brasileira com a utilização de foraminíferos bentônicos. Relatório técnico do Ministério do Meio Ambiente, Distrito Federal, 65p.
- Biassusi, A. S.; Maciel, A. A.; Carvalho, R. S., 1990, Bacia do Espírito Santo: o “estado da arte” da exploração: Boletim de Geociências da PETROBRAS, v. 4, p. 13-19.
- Castro, B. M. & Miranda, L. B. 1998. Physical oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf located between 4.° N and 34.° S coastal segment (4,W). *The Sea 11* (8): 209-251.
- Conceição, J. C. J., Mizusaki, A. M. P., Alves, D. B., Szatmari, P., 1994. Controle tectônico do magmatismo mesoceno-zóico no sul e sudeste do Brasil e seu papel na evolução das bacias sedimentares. Fase I: bacias do Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba. Rel. Interno. CENPES/ SUPEP/ DIVEX/ SETEC, Rio de Janeiro.
- Cordani, U.G. 1970. Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. Boletim do Instituto de Geociências e Astronomia, São Paulo, v. 1, p. 1-80.
- Dana, J. *Manual de Mineralogia*. Revisto por S. Hurlbut Jr., tradução de Rui Ribeiro Franco. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1969. Cap.5, p.355-366
- DHN. 1993. Atlas de cartas piloto. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 2ª edição. Rio de Janeiro, 24p.
- DHN. 2003. Tábua de maré do Porto de Ilhéus, Bahia. www.mar.mil.br
- Dias, J.Alverinho. 2004. A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhos. Uma introdução a Oceanografia Geológica. Capítulo III. Disponível em: http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/e_b_Sedim.html . Acesso em 13 jul.2008.
- Dutra, L.X.C. 2003. Os efeitos do aporte de sedimento na vitalidade dos recifes de corais de Abrolhos, Bahia. MSc dissertation. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 84 pp.
- Dutra LXC, Kikuchi RKP, Leão ZMAN (2004) Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. Jour Coastal Res, SI 39
- Ekau, W.; Knoppers, B., 1999: An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. Arch.Fish.Mar.Res. 47(2/3), 113-132
- Fermino, G.M. 2007. Análise da Granulometria, Mineralogia e Densidade dos sedimentos Carbonáticos em Testemunho do Arquipélago de Abrolhos no Estado da Bahia. Dissertação de graduação- Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. 68p.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, v. 27, p. 3-26.

- Folk, R.L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. The University of Texas Geology, 307K, 38C, 383M. HemPhillis, Austin, Texas. 170p.
- Folk, R.L. 1974a. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin, TX, Hemphill Publishing Company, 190p.
- Folk, R.L. 1974b. The natural history of crystalline calcium carbonat : effect of magnesium content and salinity. Austin, TX, *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 44, n. 1, p. 40-53.
- França, R. L. 2004. Bacia do Mucuri. *In: Bacias sedimentares brasileiras*. Aracaj , Funda o Paleontol gica Phoenix, v. 6, n. 62, 4p.
- Hartt, C.F. 1870. *Geology and Physical Geography of Brazil*. Boston, Fields, Osgood and Co. 620p.
- Knoppers, B. Meyerhofer, M.; Marone, E.; Dutz, J.; Lopes, R.; Leipe, T. & Camargo, R. 1999. Compartments of the pelagic system and mat rial exchange at the Abrolhos Bank coral reefs, Brazil. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 47(2/3), 285-306.
- Krumbein, W.C. & Pettijohn, F.J 1938. *Manual of sedimentary petrography*. Appleton-Century-Crofts, Inc. New York. 549 p.
- Le o, Z.M.A.N. 1982. Morphology, geology and developmental history of the southernmost coral reefs of Western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil. Ph.D. Dissertation, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida, U.S.A., 218p.
- Le o, Z.M.A.N. & Ginsburg, R.N. 1997. Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. *In: Lessios H.A. & Macintyre I.G. (Eds), Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.*, v. 2, p. 1767-1772.
- Le o, Z.M.A.N. and Kikuchi R.K.P. 1999. The Bahian coral reefs – from 7000 years BP to 2000 years AD. *Ci ncia e Cultura* 51: 262–273.
- Le o, Z.M.A.N. 2002. Abrolhos, BA - O complexo recifal mais extenso do Atl ntico Sul. *In: Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Queiroz, E.T., Winge, M., Berbert-Born, M.L.C. S tios geol gicos e paleontol gicos do Brasil*. Bras lia: DNPM, v. 1, p. 345-359.
- Le o, Z.M.A.N., Kikuchi, R.K.P., Testa, V., 2003. Corals and coral reefs of Brazil. *In: Cortes, J. (Ed.), Latin America Coral Reefs*. Elsevier Science, pp. 9–52.
- Le o, Z.M.A.N., Dutra L.X.C, Span  Saulo. 2004. The characteristics of botton. UFB, Universidade Federal da Bahia. Brasil
- Lima, I. R. . Production and characterization of zinc-apatite in granular form. *In: Congresso da Sociedade Brasileira de Microscopia e Microan lise, 2005,  guas de Lind ia*. Brazillian journal of morphological sciences, 2005.
- Meyerh fer, M. & Marone, E. 1996. Transport mechanisms of biogenous mat rial, heavy metals and organic pollutants in east Brazilian wat rs, small scale investigations, *In: Ekau, W. & Knoppers, B., Sedimentation processes and Productivity in the Continental Shelf Wat rs off East and Northeast Brazil, Joint Oceanographic Projects (JOPS-II), Cruise Report and First Results, Center for Tropical Marine Ecology, Bremen*, p. 33-43.
- Martin, L., Flexor, J.M., Blitzkow, D., Suguio, K. 1985. Geoid change indications along the Brazilian coast during the last 7000 years. *In: Proceedings of the Fifth International Coral Reef Symposium*, vol. 3, pp. 85–90.
- Milani, E.J., Brand o, J.A.S.L., Zal n, P.V. & Gamboa, L.A.P. 2000. Petr leo na margem continental brasileira: geologia, explora o, resultados e perspectivas. S o Paulo, *Revista Brasileira de Geof sica*, v. 18, n. 3, p. 351-396.
- Milliman, J. D. 1974. *Recent sedimentary carbonat s*. Part 1: Marine carbonat s. New York, Springer-Verlag, 370p.
- Mitas, L., and H. Mitasova. 1988. General Variational Approach to the Interpolation Problem. *Comput. Math. Applic.* Vol. 16. No. 12. pp. 983–992. Great Britain.

- Mohriak, W.U., 2004a. Geologia da região de Abrolhos: estratigrafia e sedimentologia das ilhas de Santa Bárbara e Redonda. Relatório Interno Petrobras – E&P, TI/TI-E&P/DTEP, Rio de Janeiro, 94p.
- Mohriak, W.U. 2006. Interpretação geológica e geofísica da Bacia do Espírito Santo e da região de Abrolhos: petrografia, datação radiométrica e visualização sísmica das rochas vulcânicas. Rio de Janeiro, Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 14, n. 1, p. 133-142, nov. 2005/maio 2006.
- Mizusaki, A.M.P., Alves, D.B., Conceição, J.C.J. Eventos magmáticos nas bacias do Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba. 38º Congr. Bras. Geol., Camboriú, SC, Geologia Estrutural e Tectônica de Bacias Sedimentares, p. 566-568, 1994.
- Nimer, E. 1989. Climatologia do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 421p. Palma, J.J.C. 1984. Fisiografia da área oceânica, In: Schobbenhaus, C., Campos, D. A., Derze, G. R., Asmus, H. E., Geologia do Brasil. Brasília: MME/DPNPM, p. 429-441.
- REMAC. 1979. Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes. (relatório final). PETROBRÁS. CENPES. DINTEP. Rio de Janeiro. Brasil. p. 91-127.
- Santos, M.C.S. 2005. Utilização da Espectroscopia na Região do Infravermelho (FTIR) e quimiometria na identificação do café torrado e moído adulterado. Dissertação de mestrado em agronomia. UFLA – universidade Federal de Lavras . Minas Gerais. 77p.
- Silva, J.M.R, Lima, M.I.C., Veronese, V.F., Ribeiro Júnior, R.N., Rocha, R.M., Siga Júnior, O., 1987. Geologia. In: Folha SE.24 Rio Doce. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, FIBGE. v. 34, p. 23-172.
- Sobreira, J. F. F. 1996. Complexo Vulcânico de Abrolhos: proposta de modelo tectono-magmático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador, 1996, Anais... [São Paulo] : Sociedade Brasileira de Geologia, v. 5, p. 387-391.
- Sobreira, J. F. F. & França, R. L. 2006. Um modelo tectono-magmático para a região do Complexo Vulcânico de Abrolhos. Rio de Janeiro, Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 14, n. 1, nov. 2005/maio 2006 p. 143-147.
- Souza, R. B. ; Gherardi, D. F. M. ; Sato, O. T. ; Polito, P. S. ; Kampel, M. ; Lentini, C. A. D. . Climatologia e variabilidade ambiental marinha na região do Banco dos Abrolhos determinada por satélites: resultados preliminares do projeto Pro-Abrolhos. In: XIII SBSR Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. p. 4735-4742.
- Spanó , S. 2004. Diagnóstico do estado de conservação dos recifes em franja do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. MSc dissertation. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 86 pp.
- Stanley, S.M. & Hardie, L.A. 1998. Secular oscillations in the carbonaté mineralogy of reef-building and sediment-producing organisms driven by tectonically forced shifts in seawater chemistry. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, v. 144, p. 3-19.
- Suguio, K. 1973. Introdução à sedimentologia. São Paulo, Ed. Edgard Blücher/EDUSP, 317p.
- Suguio, K. 1980. Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 500p.
- Suguio, K., 2003. Geologia Sedimentar. São Paulo, Editora Edgar Blücher Ltda. 400 p.
- Truffi, S. A.; Clemente, C. A. Alteração de plagioclásios dos riodacitos da Formação Serra Geral (JKsg) da região de Piraju – SP. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 383-388, 2002.
- US Navy 1978. US Navy Marine Climatic Atlas of the World, Volume IV – South Atlantic Ocean, Washington, D.C., 325p.
- Vicalvi, M.A., Costa, M.P.A., Kowsmann, R.O. 1978. Depressão de Abrolhos: uma paleolaguna Holocênica na plataforma continental leste brasileira. *Bol. Tec. Petrobrás*, v. 21, n. 4, p. 279-286.

- Vieira, A. 2004. Guia de laboratório de química orgânica A, licenciatura em engenharia biomédica, 2º semestre 2004/2005, UNL, Universidade Nova de Lisboa, 61p.
- Vieira, R.A.B., Mendes, M.P., Vieira, P.E., Costa, L.A.R., Tagliari, C.V., Bacelar, L.A.P., Feijó, F.T., 1994, Bacias do Espírito Santo e Mucuri. Estratigrafia das Bacias do Brasil, Boletim de Geociências da PETROBRAS, v. 4, n.1, p. 191-195.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, v. 30, p. 377-392.

6. Anexos

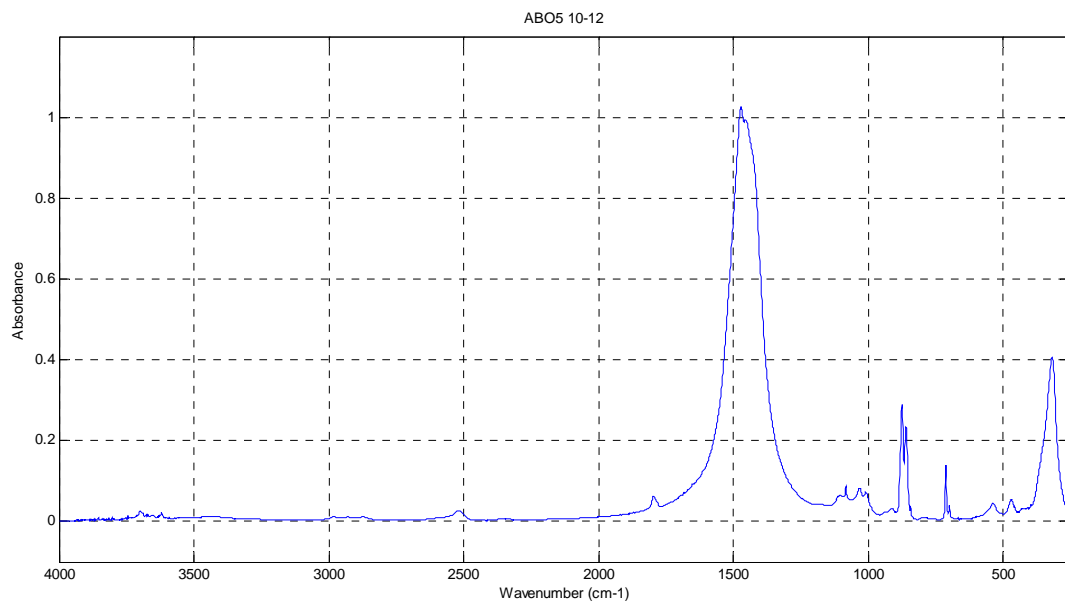
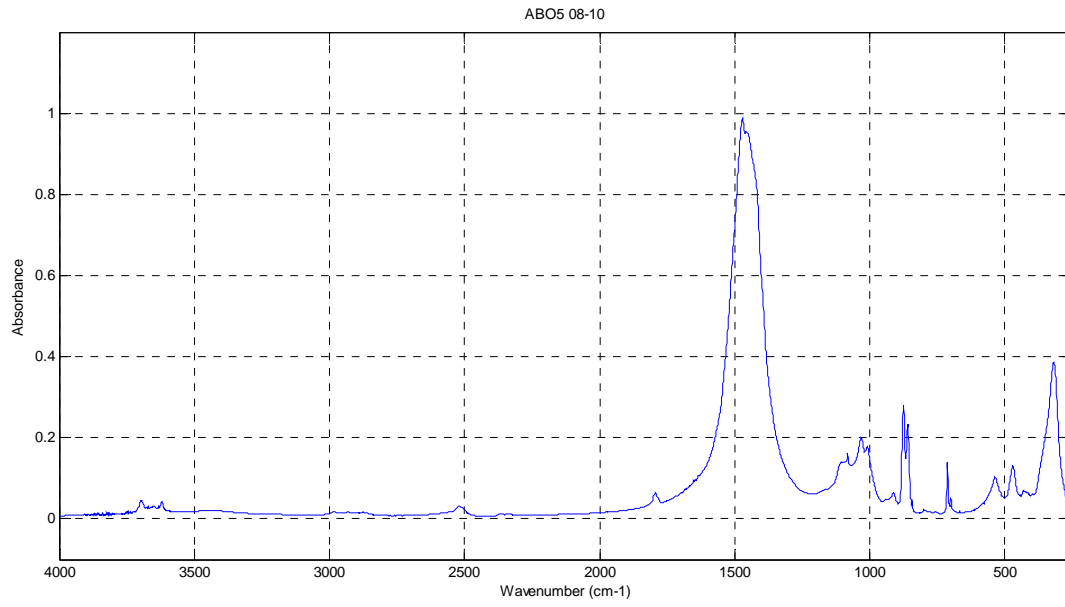
6.1 Tabela dos dados mineralógicos

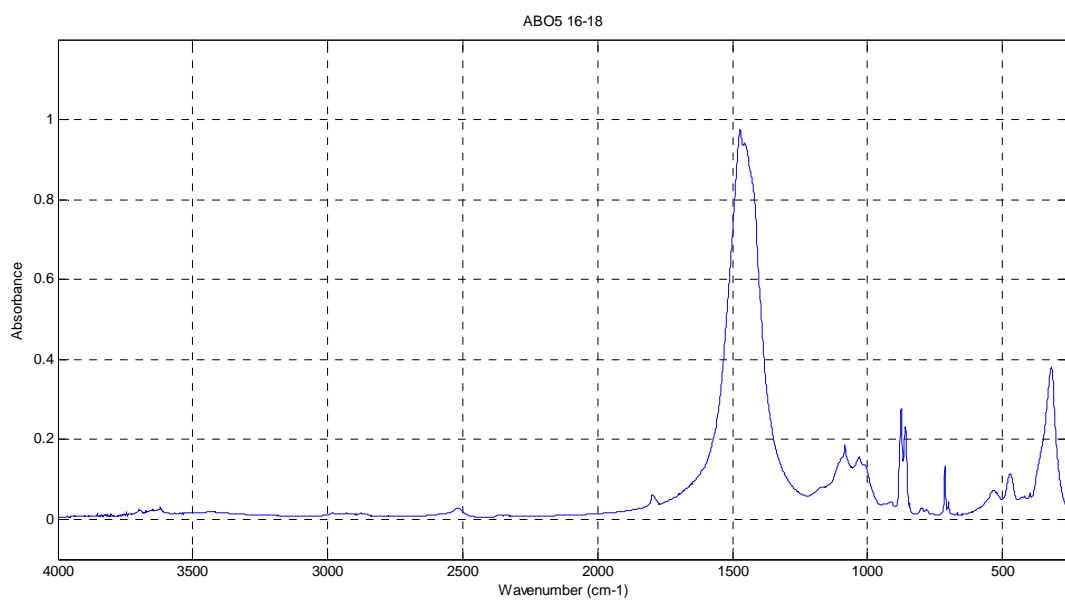
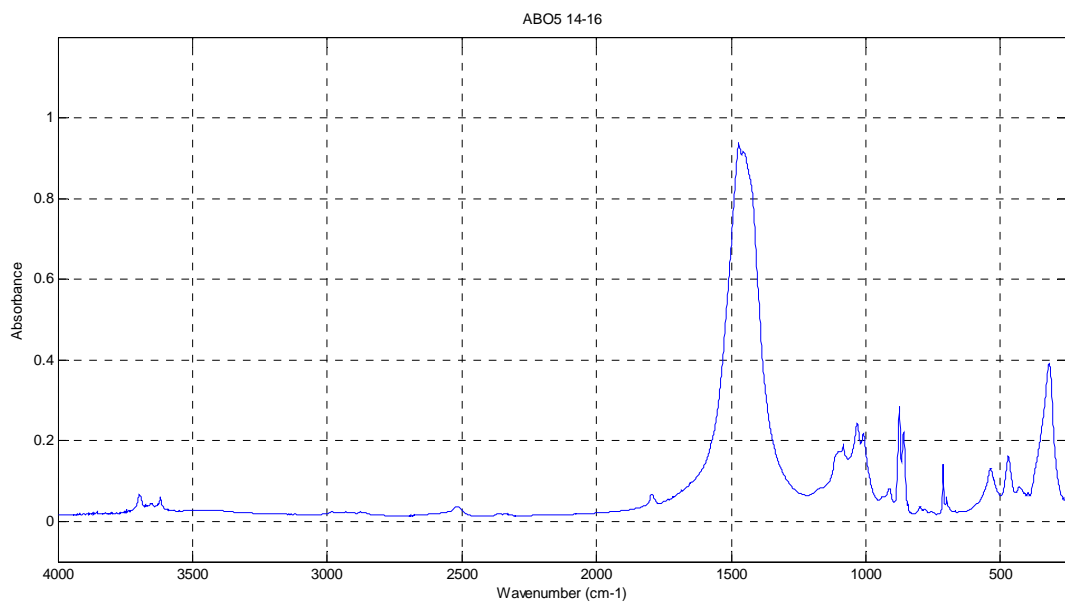
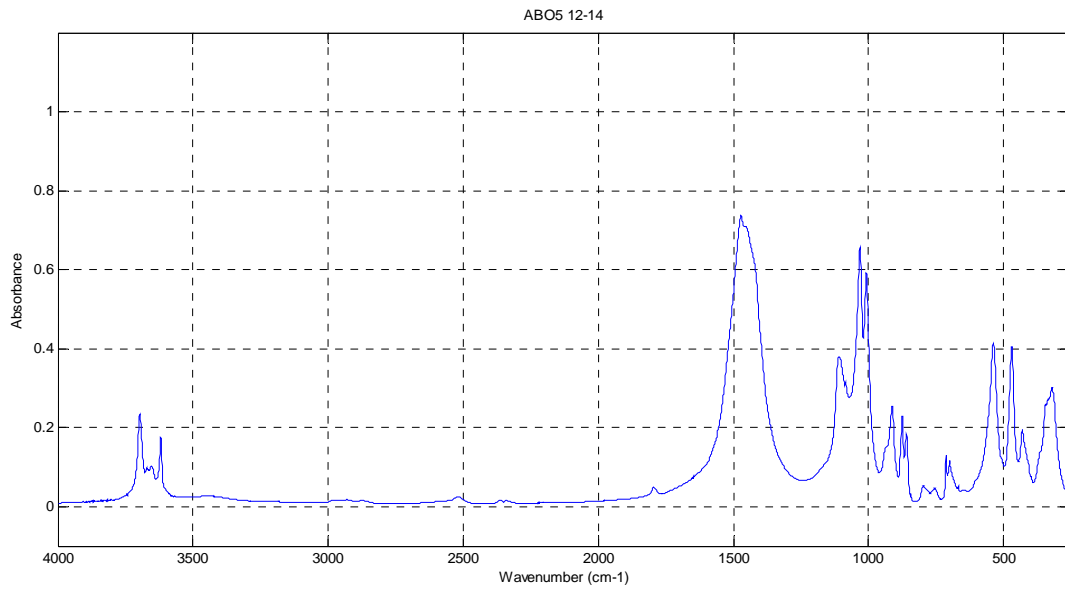
Amostra ABO5/1 (cm)	esmectita	silica amorfa	quartzo	aragonita	calcita	ilita	caolinita	dolomita	TOTAL
08-10	2,043	0,500	0,500	26,500	59,891	3,500	4,000	1,500	98,434
10-12	0,500	0,000	0,500	27,500	65,370	0,500	2,500	0,500	97,370
12-14	2,217	0,500	1,000	20,152	43,478	0,500	28,000	1,000	96,847
14-16	4,000	0,000	1,500	24,000	60,000	2,000	5,630	1,000	98,130
16-18	1,500	0,000	2,500	26,435	59,543	4,500	1,500	1,000	96,978
18-20	1,000	4,000	0,000	27,174	61,783	0,500	4,500	1,000	99,957
20-22	2,000	1,500	2,000	27,848	55,652	1,000	3,500	1,000	94,500
24-26	8,000	3,000	0,500	18,000	46,565	3,000	12,500	1,000	92,565
28-30	2,283	1,000	0,500	23,130	60,630	2,000	6,000	0,500	96,043
32-34	0,000	0,000	2,000	28,478	63,043	0,500	2,000	0,500	96,521
36-38	0,000	0,000	1,000	29,477	61,543	1,000	2,000	1,000	96,020
40-42	1,500	0,000	1,500	27,976	64,043	1,000	1,500	1,000	98,519
44-46	0,000	0,000	1,000	28,476	62,043	0,500	2,000	1,000	95,019
48-50	1,000	2,500	1,500	28,587	60,870	1,000	3,000	1,000	99,457
52-54	1,500	1,500	3,000	25,217	60,065	0,500	3,500	1,000	96,282
56-58	0,000	1,000	1,500	26,957	62,022	0,500	2,500	1,000	95,479
60-62	0,000	1,000	0,000	26,022	61,022	0,000	2,000	1,000	91,044
64-66	2,500	8,500	3,500	17,000	51,000	4,000	10,500	0,500	97,500
68-70	0,500	1,000	1,500	33,196	58,022	0,500	1,000	1,000	96,718
72-74	1,500	1,000	0,087	28,696	63,021	0,261	1,500	1,000	97,065
76-78	6,304	2,000	1,000	26,696	32,521	3,500	26,000	1,000	99,021
80-82	0,500	0,500	0,261	30,522	62,478	0,522	2,000	0,783	97,566
84-86	0,087	0,500	0,500	28,000	65,478	0,500	2,000	1,000	98,065
88-90	0,500	0,087	1,500	25,000	64,391	0,500	3,500	1,000	96,478
92-94	0,587	1,000	1,500	19,022	45,304	1,000	29,000	0,500	97,913
96-98	0,500	2,500	1,500	21,674	62,891	2,000	4,109	0,500	95,674
100-102	1,500	0,500	1,000	24,435	62,957	1,000	4,000	1,174	96,566
104-106	0,500	2,500	1,000	22,457	55,435	1,000	13,783	1,000	97,675
108-110	3,000	1,000	2,000	31,326	57,130	1,500	1,435	0,717	98,108
112-114	0,500	1,500	0,500	23,978	42,239	1,000	27,065	0,522	97,304
116-118	2,000	2,609	0,500	23,717	58,630	3,500	5,217	1,000	97,173
120-122	1,500	0,500	1,500	27,761	65,870	0,261	1,000	1,000	99,392
124-126	2,500	0,500	2,500	24,761	61,870	0,761	2,000	1,000	95,892
128-130	0,000	0,500	0,000	31,739	64,239	0,587	1,000	0,500	98,565
132-134	0,087	0,000	0,087	30,000	65,326	0,087	1,000	1,000	97,587
136-138	0,174	0,000	0,000	29,717	61,674	0,000	0,500	1,000	93,065
140-142	0,087	0,348	0,500	30,522	63,457	0,500	0,500	1,000	96,914
144-146	0,000	0,000	0,500	29,478	65,652	0,500	1,000	0,500	97,630
148-150	0,000	0,000	1,000	29,978	62,500	0,500	1,000	1,261	96,239
152-154	0,000	0,000	0,500	49,196	43,217	0,500	0,500	0,500	94,413
156-158	0,000	0,000	1,000	29,913	63,283	0,500	0,500	1,000	96,196
160-162	0,000	0,500	0,500	29,413	63,283	0,174	0,261	1,000	95,131
164-166	0,500	0,500	1,000	27,413	65,283	0,500	0,761	0,500	96,457
168-170	0,000	0,000	1,000	27,413	65,283	0,000	0,696	0,500	94,892
172-174	0,000	0,000	2,000	26,913	65,630	0,500	0,500	1,000	96,543
176-178	0,000	0,500	2,000	25,848	65,370	0,087	0,500	1,022	95,327
180-182	0,174	0,000	1,500	27,348	63,174	0,000	0,261	1,000	93,457

6.2 Tabela dos teores mineralógicos

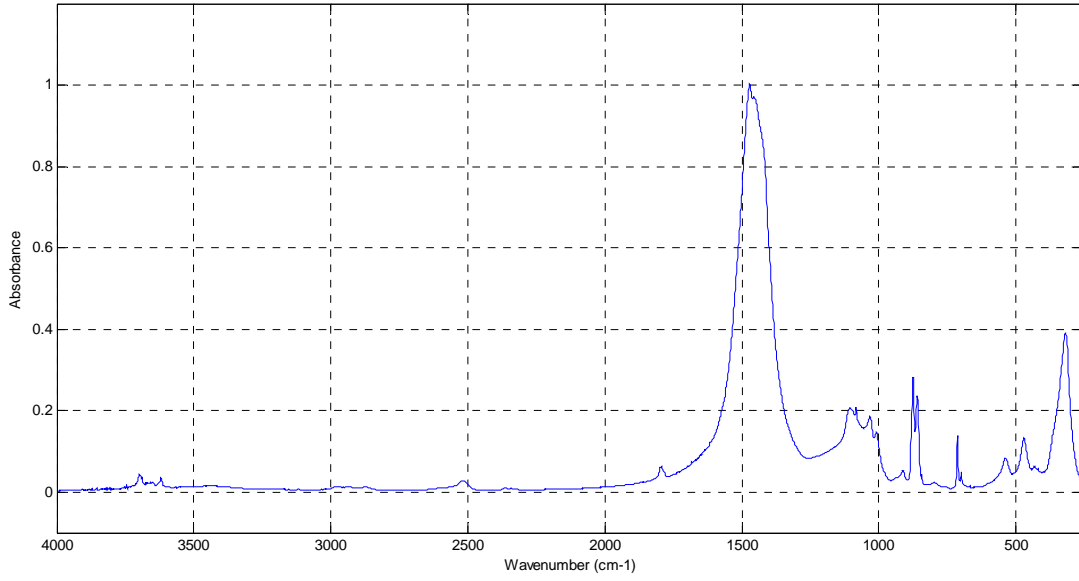
Amostra ABO5/1 (cm)	esmectita	silica	quartzo	aragonita	calcita	ilita	caolinita	dolomita	Total de Carbonatos	Total de Terrigenos	TOTAL
08-10	2,08%	0,51%	0,51%	26,92%	60,84%	3,56%	4,06%	1,52%	89,29%	10,71%	100,00%
10-12	0,51%	0,00%	0,51%	28,24%	67,14%	0,51%	2,57%	0,51%	95,89%	4,11%	100,00%
12-14	2,29%	0,52%	1,03%	20,81%	44,89%	0,52%	28,91%	1,03%	66,73%	33,27%	100,00%
14-16	4,08%	0,00%	1,53%	24,46%	61,14%	2,04%	5,74%	1,02%	86,62%	13,38%	100,00%
16-18	1,55%	0,00%	2,58%	27,26%	61,40%	4,64%	1,55%	1,03%	89,69%	10,31%	100,00%
18-20	1,00%	4,00%	0,00%	27,19%	61,81%	0,50%	4,50%	1,00%	90,00%	10,00%	100,00%
20-22	2,12%	1,59%	2,12%	29,47%	58,89%	1,06%	3,70%	1,06%	89,42%	10,58%	100,00%
24-26	8,64%	3,24%	0,54%	19,45%	50,31%	3,24%	13,50%	1,08%	70,83%	29,17%	100,00%
28-30	2,38%	1,04%	0,52%	24,08%	63,13%	2,08%	6,25%	0,52%	87,73%	12,27%	100,00%
32-34	0,00%	0,00%	2,07%	29,50%	65,32%	0,52%	2,07%	0,52%	95,34%	4,66%	100,00%
36-38	0,00%	0,00%	1,04%	30,70%	64,09%	1,04%	2,08%	1,04%	95,83%	4,17%	100,00%
40-42	1,52%	0,00%	1,52%	28,40%	65,01%	1,02%	1,52%	1,02%	94,42%	5,58%	100,00%
44-46	0,00%	0,00%	1,05%	29,97%	65,30%	0,53%	2,10%	1,05%	96,32%	3,68%	100,00%
48-50	1,01%	2,51%	1,51%	28,74%	61,20%	1,01%	3,02%	1,01%	90,95%	9,05%	100,00%
52-54	1,56%	1,56%	3,12%	26,19%	62,38%	0,52%	3,64%	1,04%	89,61%	10,39%	100,00%
56-58	0,00%	1,05%	1,57%	28,23%	64,96%	0,52%	2,62%	1,05%	94,24%	5,76%	100,00%
60-62	0,00%	1,10%	0,00%	28,58%	67,02%	0,00%	2,20%	1,10%	96,70%	3,30%	100,00%
64-66	2,56%	8,72%	3,59%	17,44%	52,31%	4,10%	10,77%	0,51%	70,26%	29,74%	100,00%
68-70	0,52%	1,03%	1,55%	34,32%	59,99%	0,52%	1,03%	1,03%	95,35%	4,65%	100,00%
72-74	1,55%	1,03%	0,09%	29,56%	64,93%	0,27%	1,55%	1,03%	95,52%	4,48%	100,00%
76-78	6,37%	2,02%	1,01%	26,96%	32,84%	3,53%	26,26%	1,01%	60,81%	39,19%	100,00%
80-82	0,51%	0,51%	0,27%	31,28%	64,04%	0,54%	2,05%	0,80%	96,12%	3,88%	100,00%
84-86	0,09%	0,51%	0,51%	28,55%	66,77%	0,51%	2,04%	1,02%	96,34%	3,66%	100,00%
88-90	0,52%	0,09%	1,55%	25,91%	66,74%	0,52%	3,63%	1,04%	93,69%	6,31%	100,00%
92-94	0,60%	1,02%	1,53%	19,43%	46,27%	1,02%	29,62%	0,51%	66,21%	33,79%	100,00%
96-98	0,52%	2,61%	1,57%	22,65%	65,73%	2,09%	4,29%	0,52%	88,91%	11,09%	100,00%
100-102	1,55%	0,52%	1,04%	25,30%	65,20%	1,04%	4,14%	1,22%	91,72%	8,28%	100,00%
104-106	0,51%	2,56%	1,02%	22,99%	56,75%	1,02%	14,11%	1,02%	80,77%	19,23%	100,00%
108-110	3,06%	1,02%	2,04%	31,93%	58,23%	1,53%	1,46%	0,73%	90,89%	9,11%	100,00%
112-114	0,51%	1,54%	0,51%	24,64%	43,41%	1,03%	27,81%	0,54%	68,59%	31,41%	100,00%
116-118	2,06%	2,68%	0,51%	24,41%	60,34%	3,60%	5,37%	1,03%	85,77%	14,23%	100,00%
120-122	1,51%	0,50%	1,51%	27,93%	66,27%	0,26%	1,01%	1,01%	95,21%	4,79%	100,00%
124-126	2,61%	0,52%	2,61%	25,82%	64,52%	0,79%	2,09%	1,04%	91,39%	8,61%	100,00%
128-130	0,00%	0,51%	0,00%	32,20%	65,17%	0,60%	1,01%	0,51%	97,88%	2,12%	100,00%
132-134	0,09%	0,00%	0,09%	30,74%	66,94%	0,09%	1,02%	1,02%	98,71%	1,29%	100,00%
136-138	0,19%	0,00%	0,00%	31,93%	66,27%	0,00%	0,54%	1,07%	99,28%	0,72%	100,00%
140-142	0,09%	0,36%	0,52%	31,49%	65,48%	0,52%	0,52%	1,03%	98,00%	2,00%	100,00%
144-146	0,00%	0,00%	0,51%	30,19%	67,25%	0,51%	1,02%	0,51%	97,95%	2,05%	100,00%
148-150	0,00%	0,00%	1,04%	31,15%	64,94%	0,52%	1,04%	1,31%	97,40%	2,60%	100,00%
152-154	0,00%	0,00%	0,53%	52,11%	45,77%	0,53%	0,53%	0,53%	98,41%	1,59%	100,00%
156-158	0,00%	0,00%	1,04%	31,10%	65,79%	0,52%	0,52%	1,04%	97,92%	2,08%	100,00%
160-162	0,00%	0,53%	0,53%	30,92%	66,52%	0,18%	0,27%	1,05%	98,49%	1,51%	100,00%
164-166	0,52%	0,52%	1,04%	28,42%	67,68%	0,52%	0,79%	0,52%	96,62%	3,38%	100,00%
168-170	0,00%	0,00%	1,05%	28,89%	68,80%	0,00%	0,73%	0,53%	98,21%	1,79%	100,00%
172-174	0,00%	0,00%	2,07%	27,88%	67,98%	0,52%	0,52%	1,04%	96,89%	3,11%	100,00%
176-178	0,00%	0,52%	2,10%	27,12%	68,57%	0,09%	0,52%	1,07%	96,76%	3,24%	100,00%
180-182	0,19%	0,00%	1,61%	29,26%	67,60%	0,00%	0,28%	1,07%	97,93%	2,07%	100,00%

6.3 Espectros

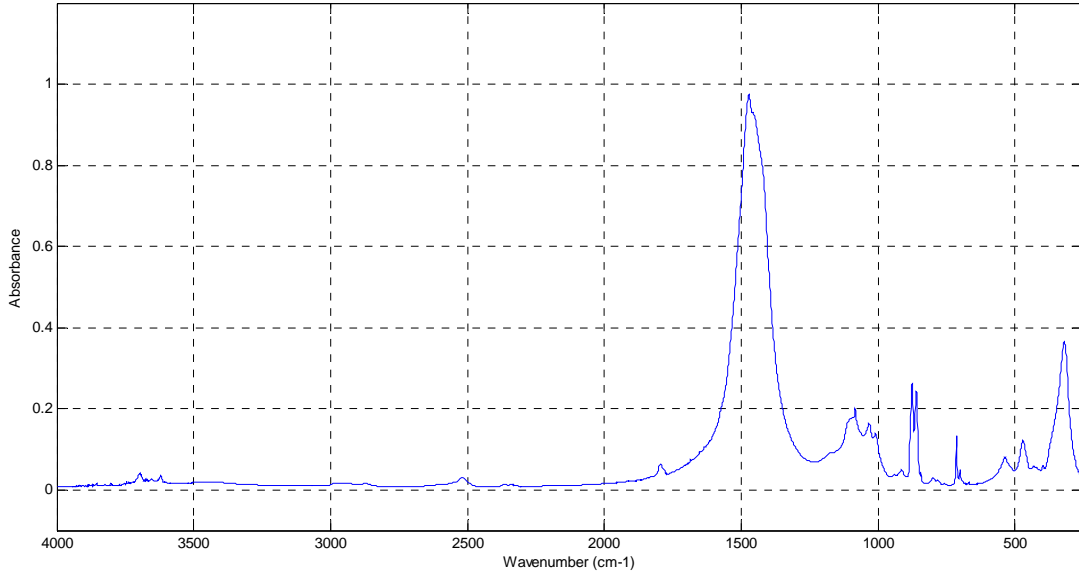




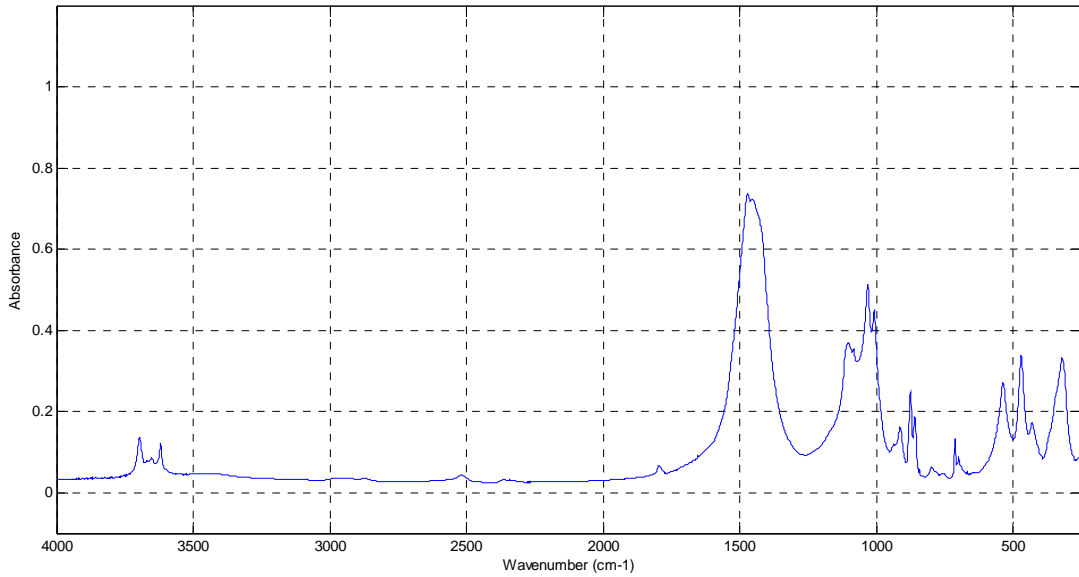
ABO5 18-20

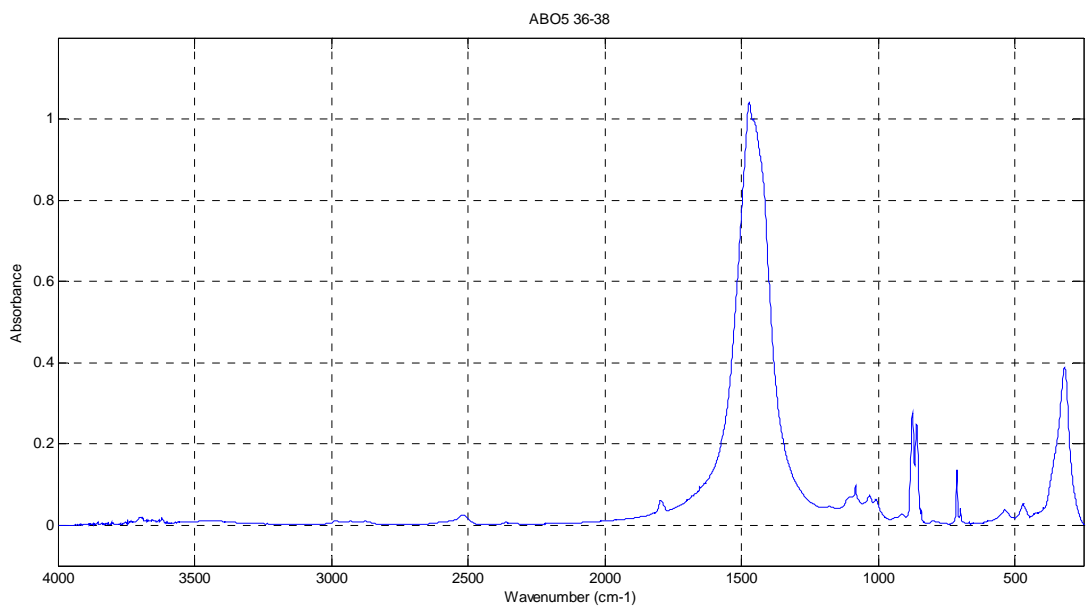
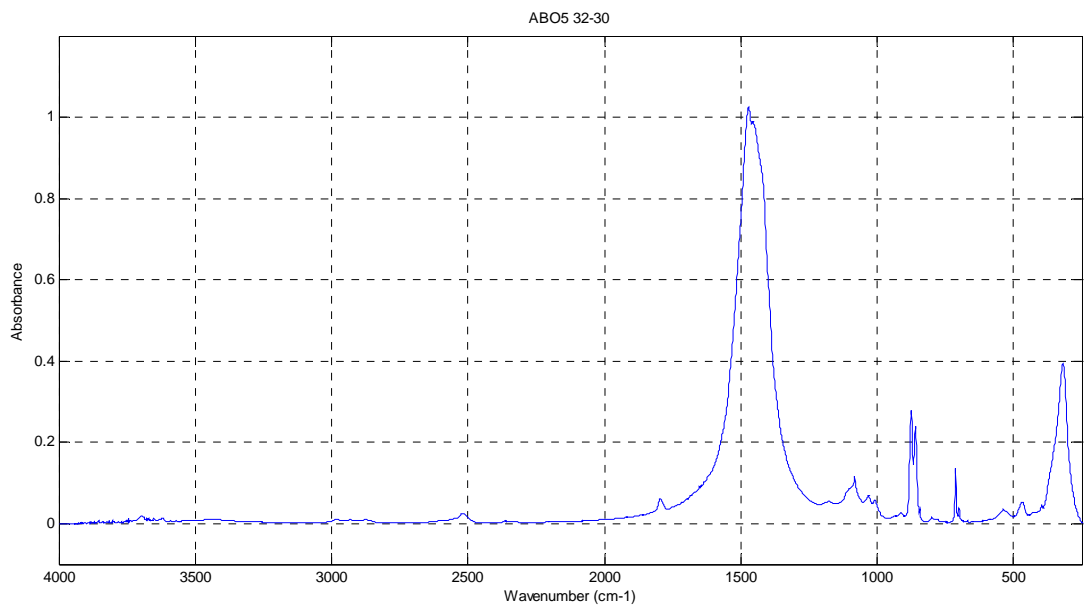
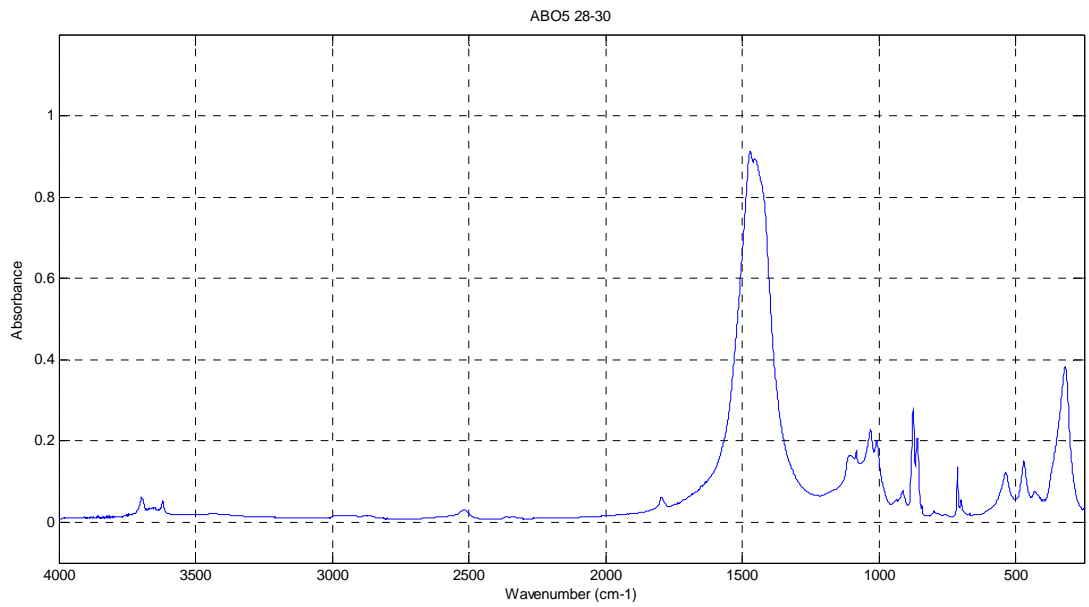


ABO5 20-22

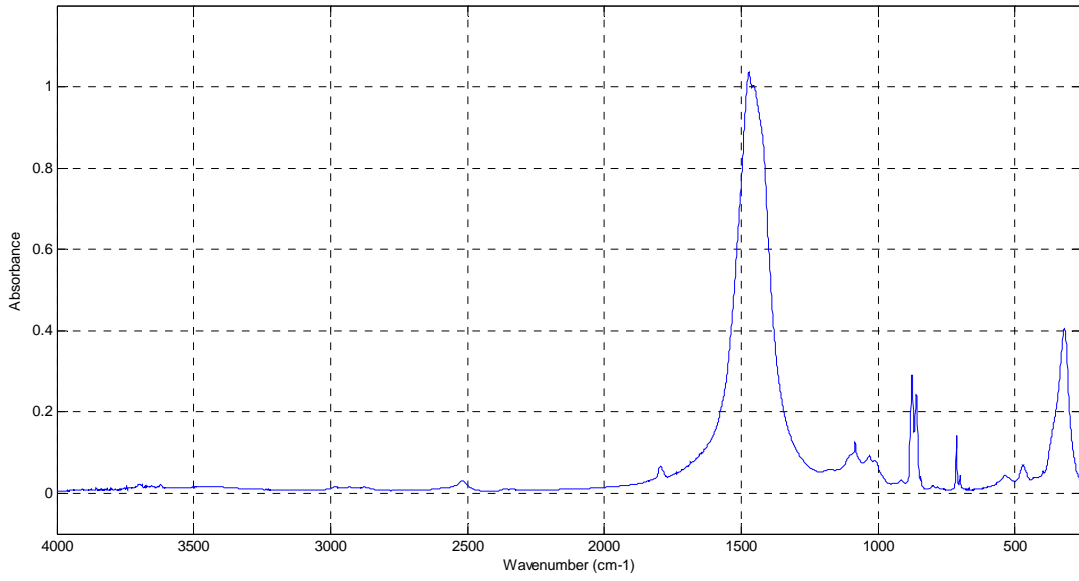


ABO5 24-26

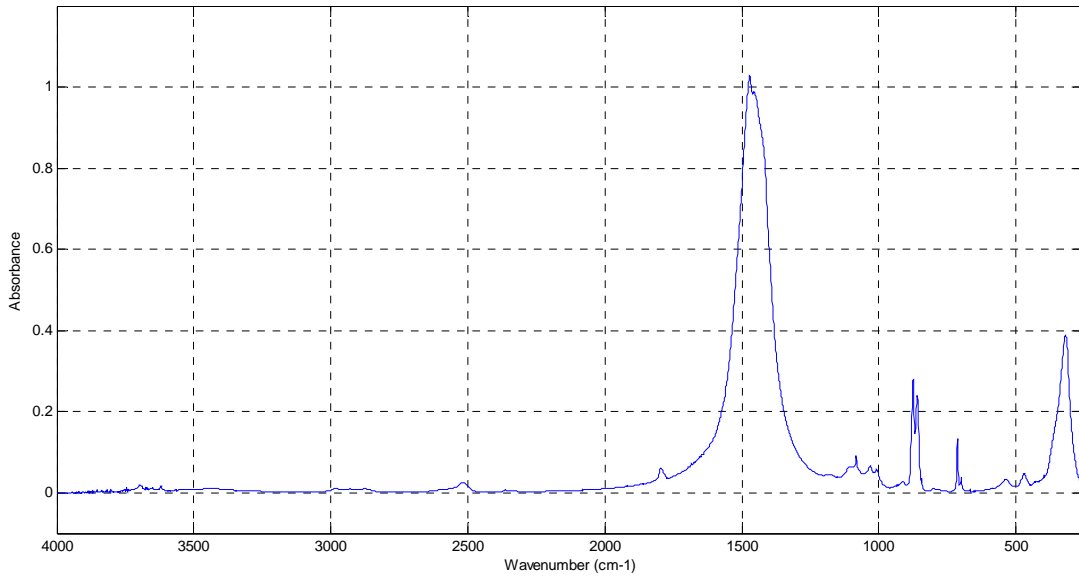




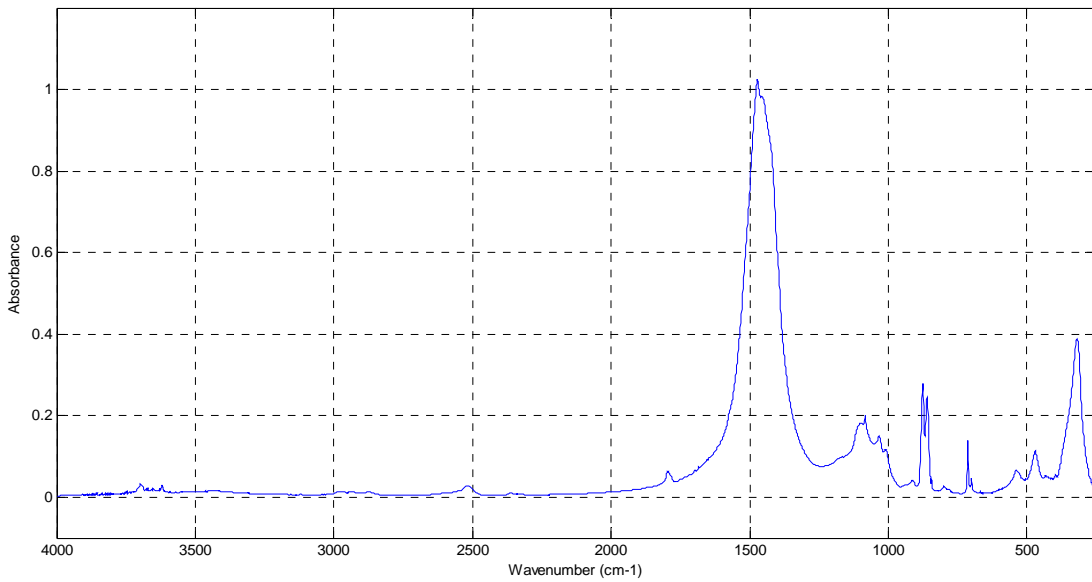
ABO5 40-42



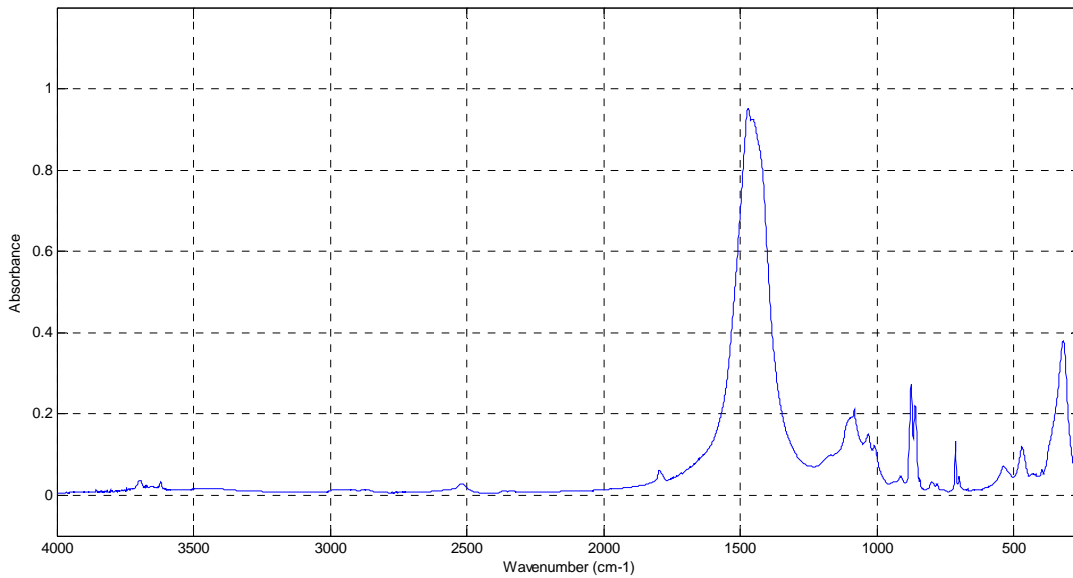
ABO5 44-46



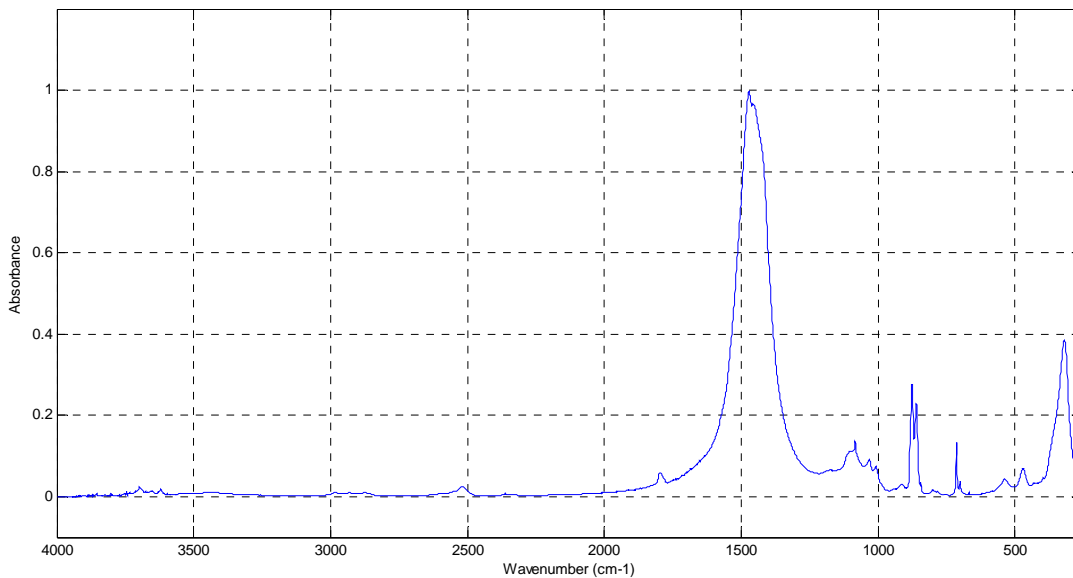
ABO5 48-50



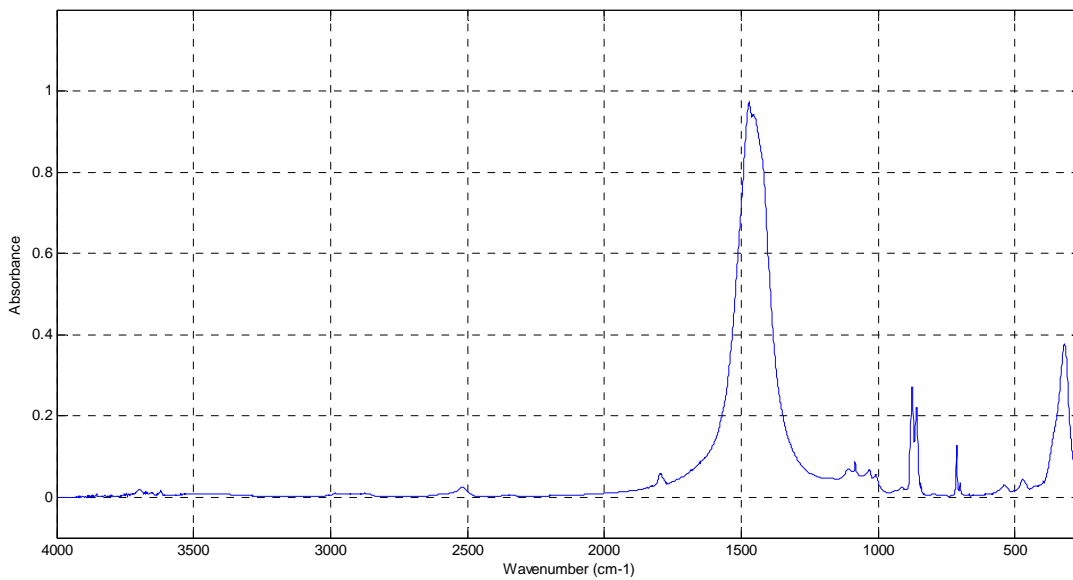
ABO5 52-54



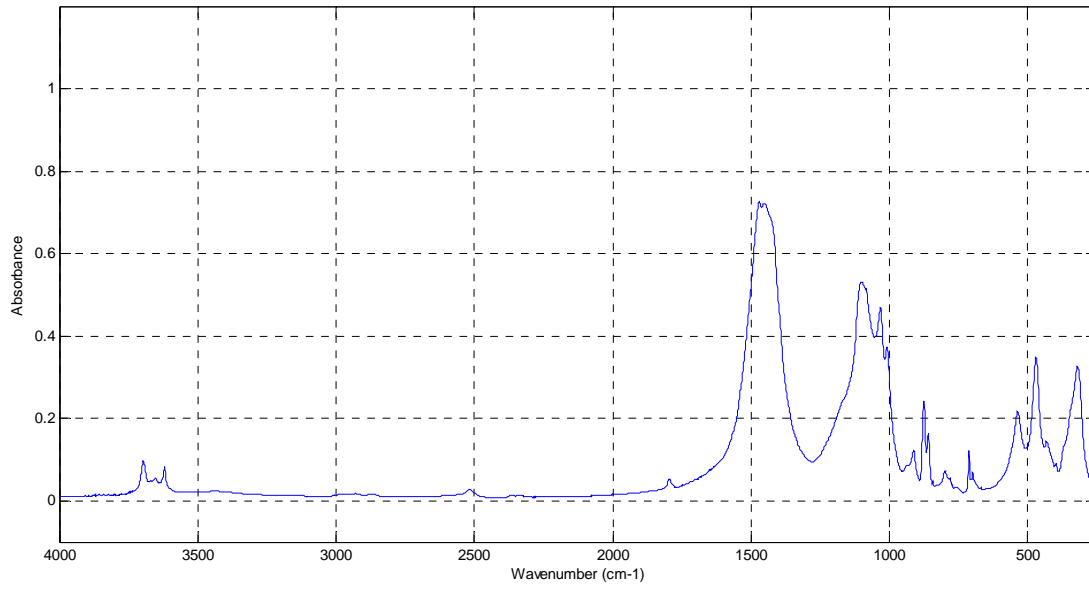
ABO5 56-58



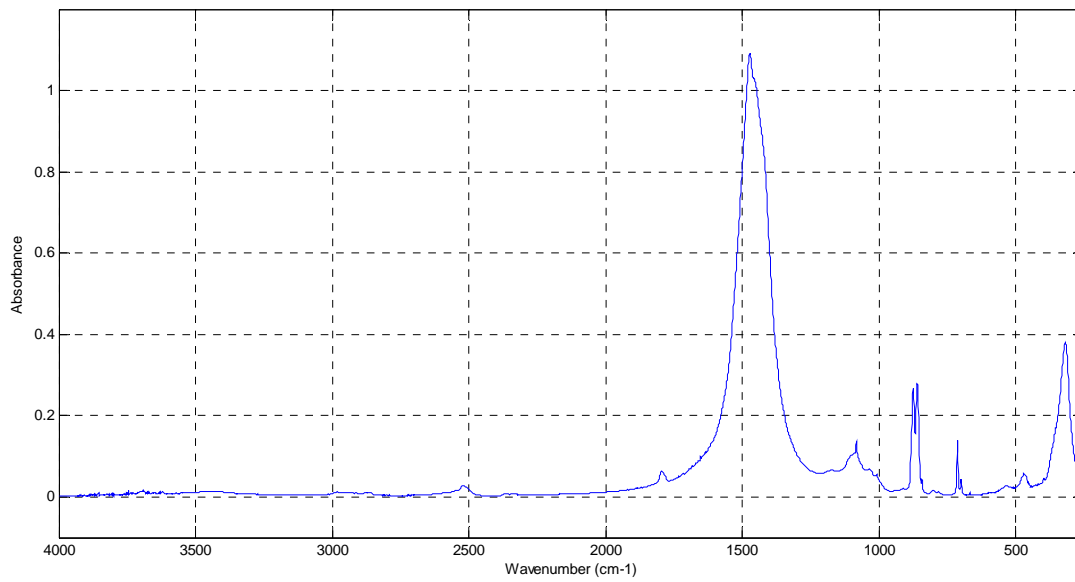
ABO5 60-62



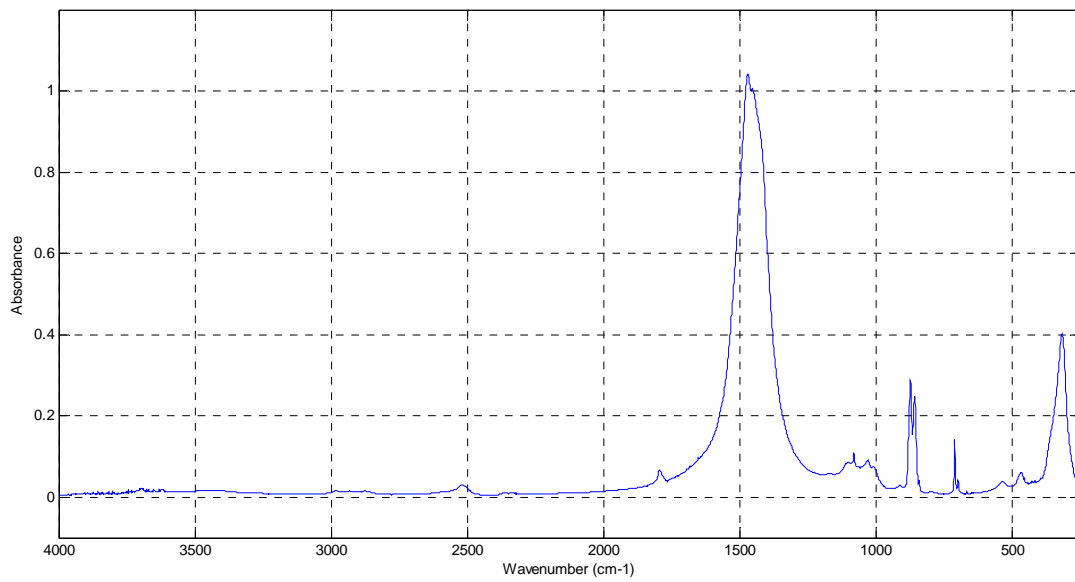
ABO5 64-66



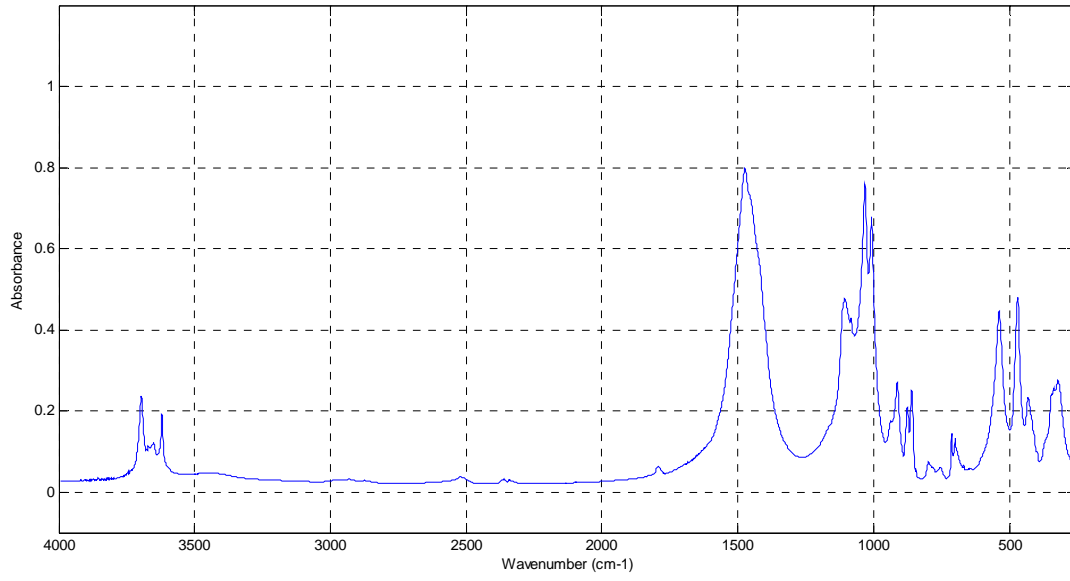
ABO5 68-70



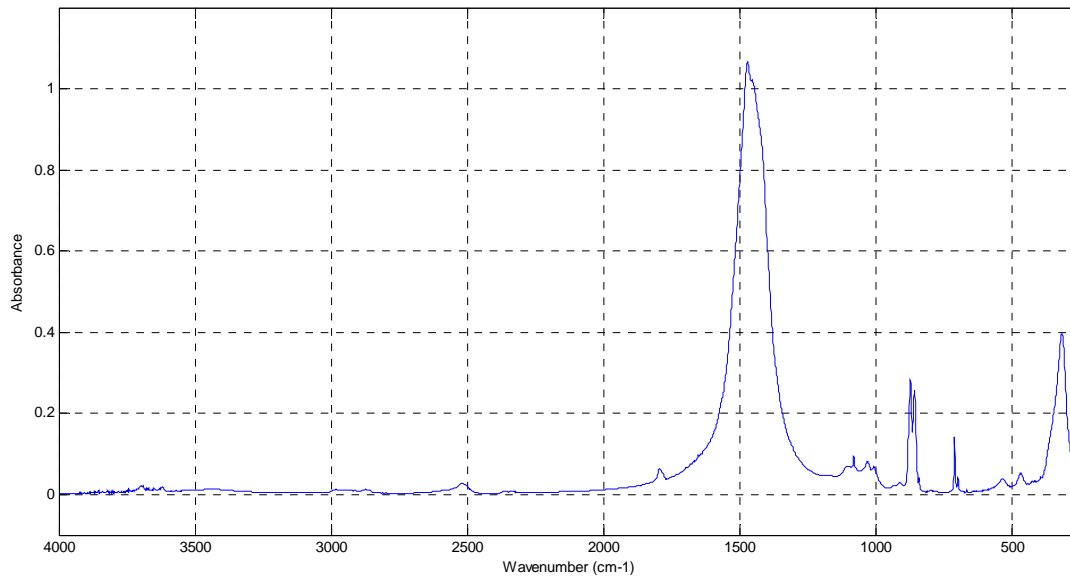
ABO5 72-74



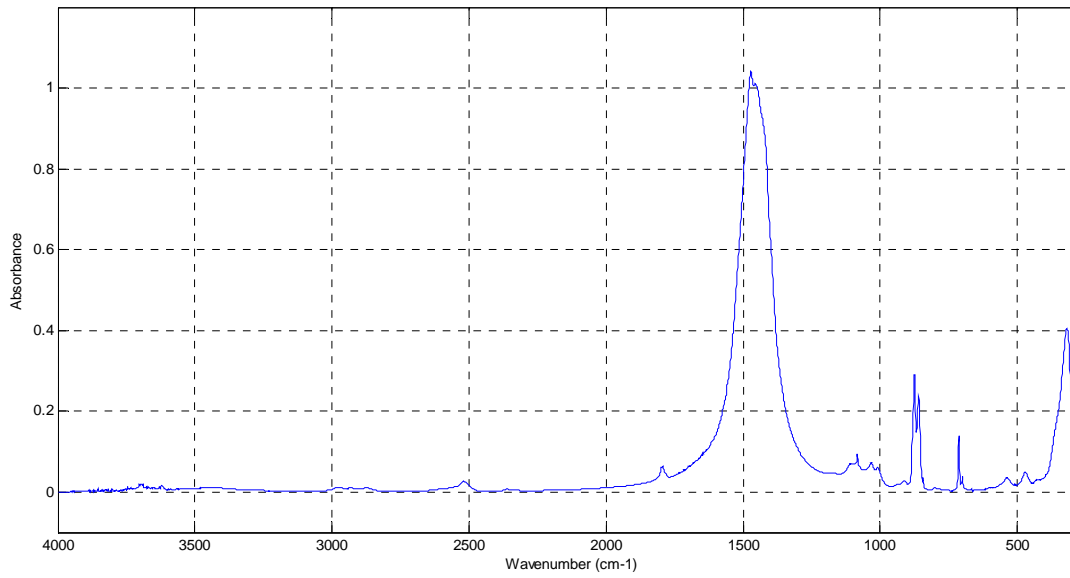
ABO5 76-78

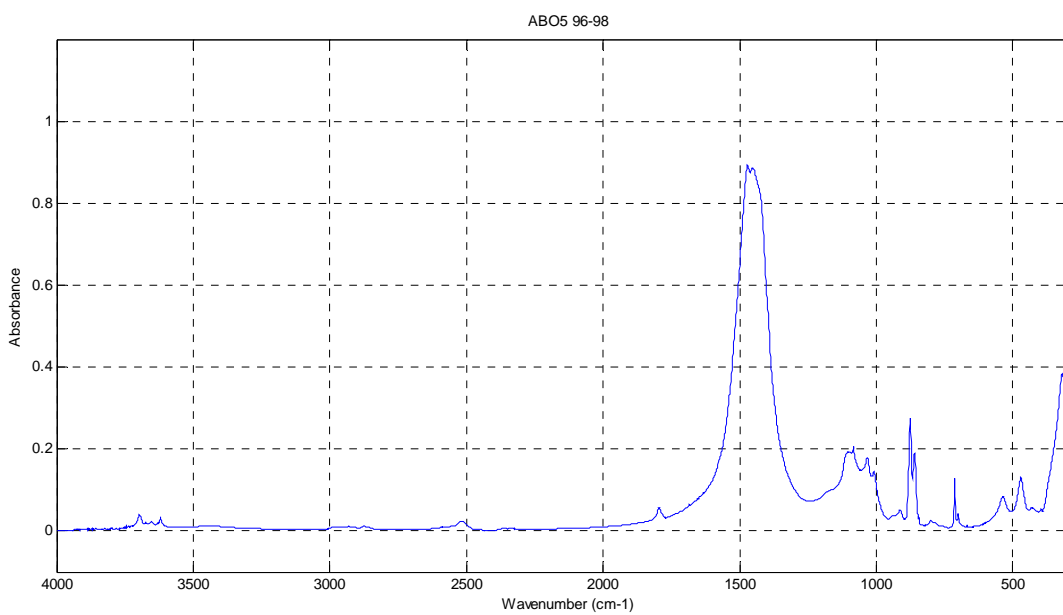
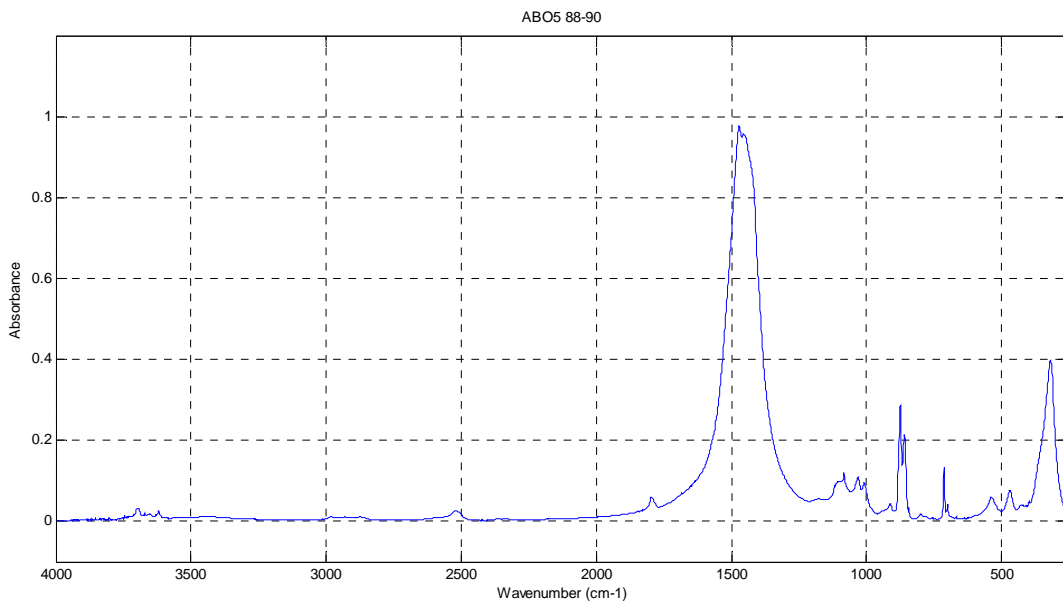
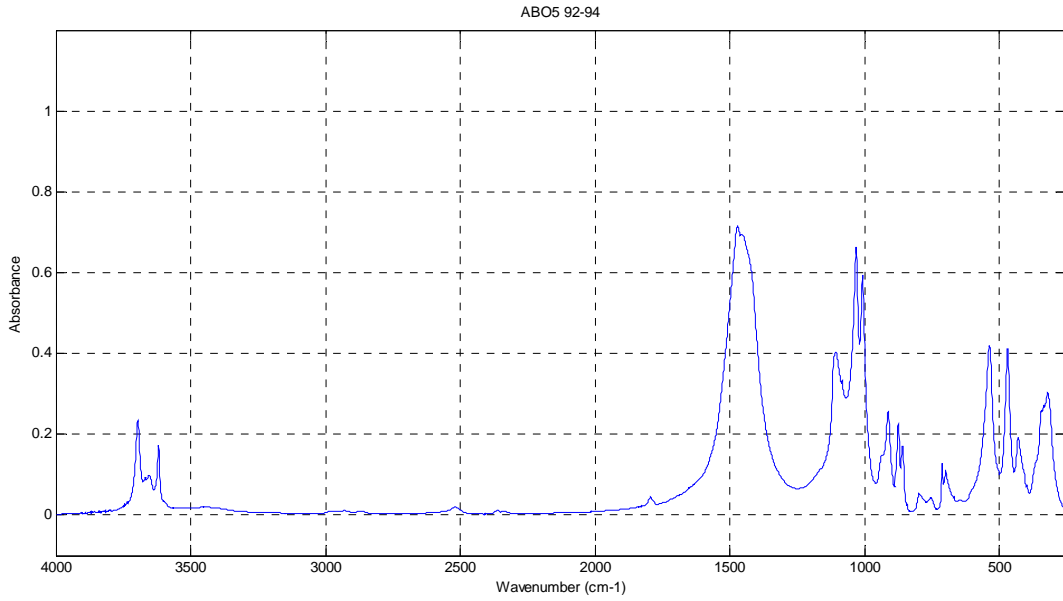


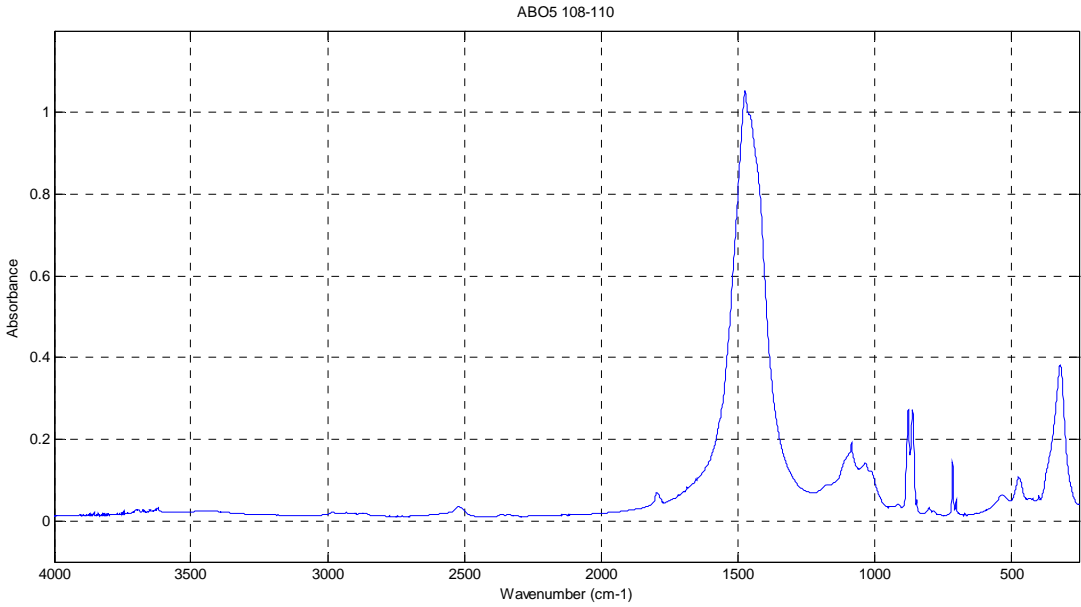
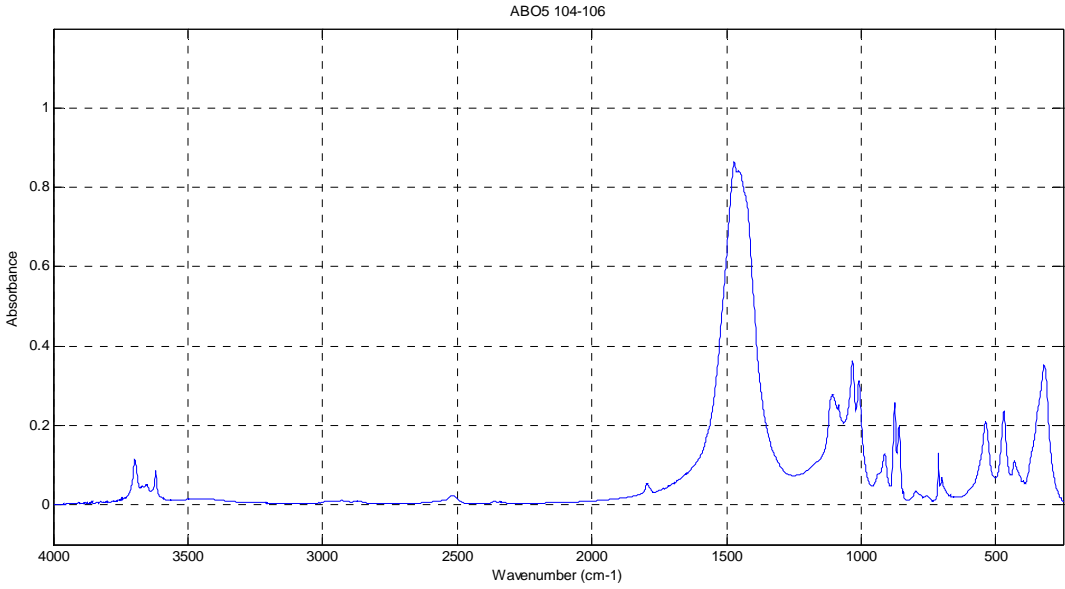
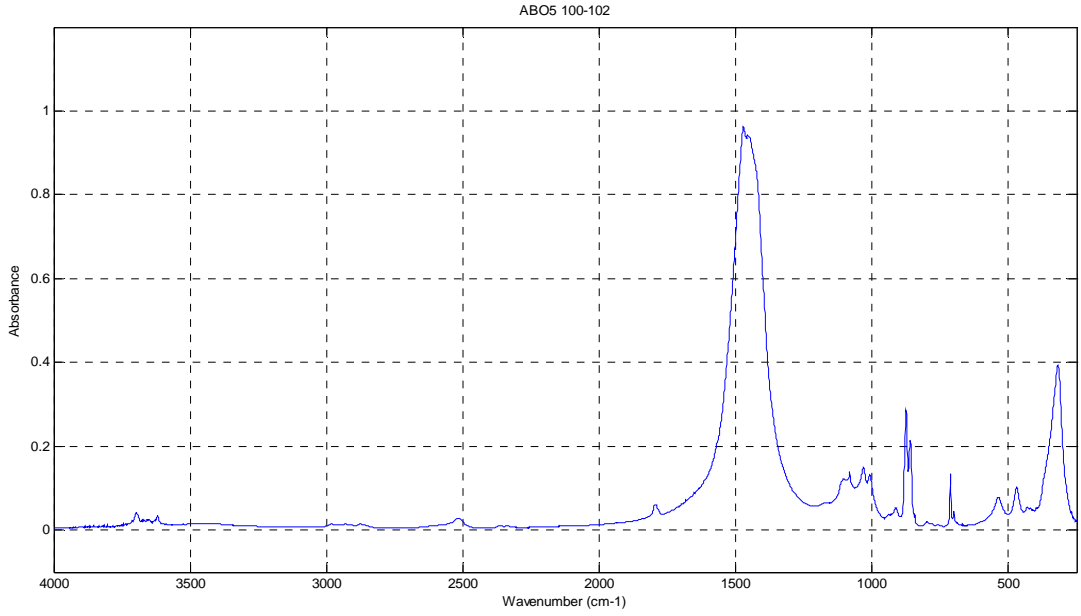
ABO5 80-82



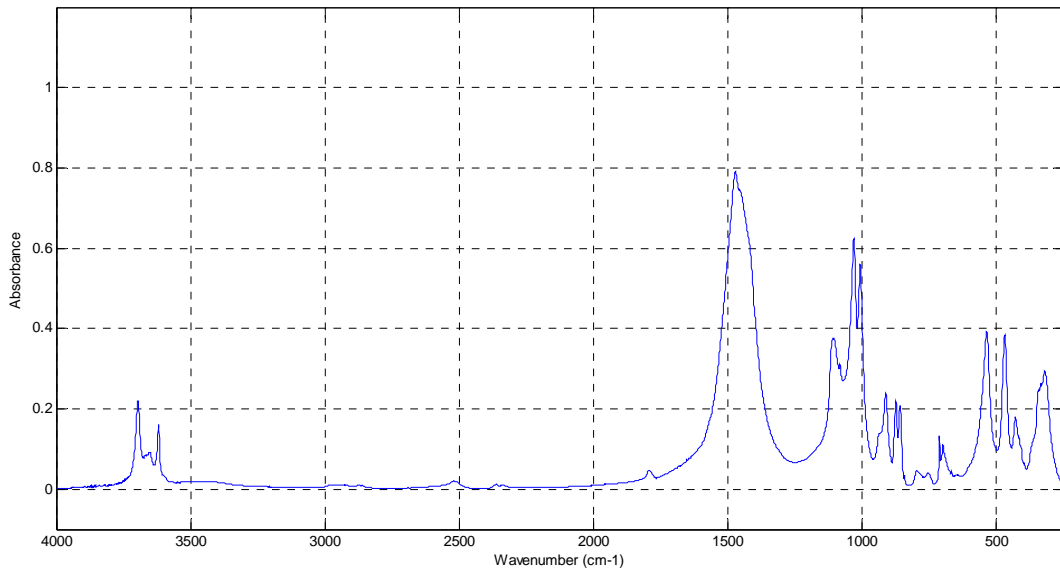
ABO5 84-86



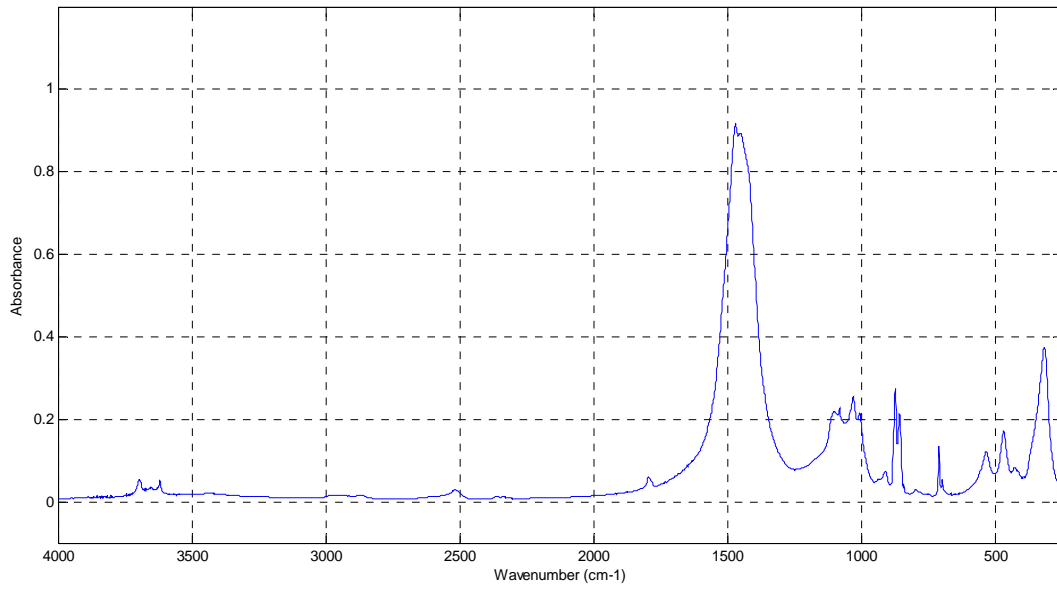




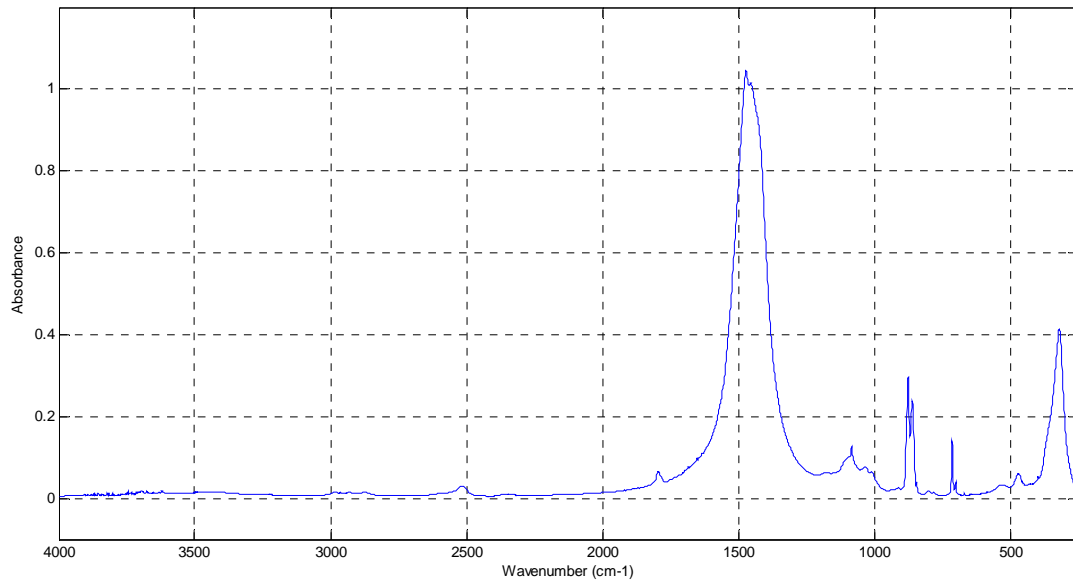
ABO5 112-114



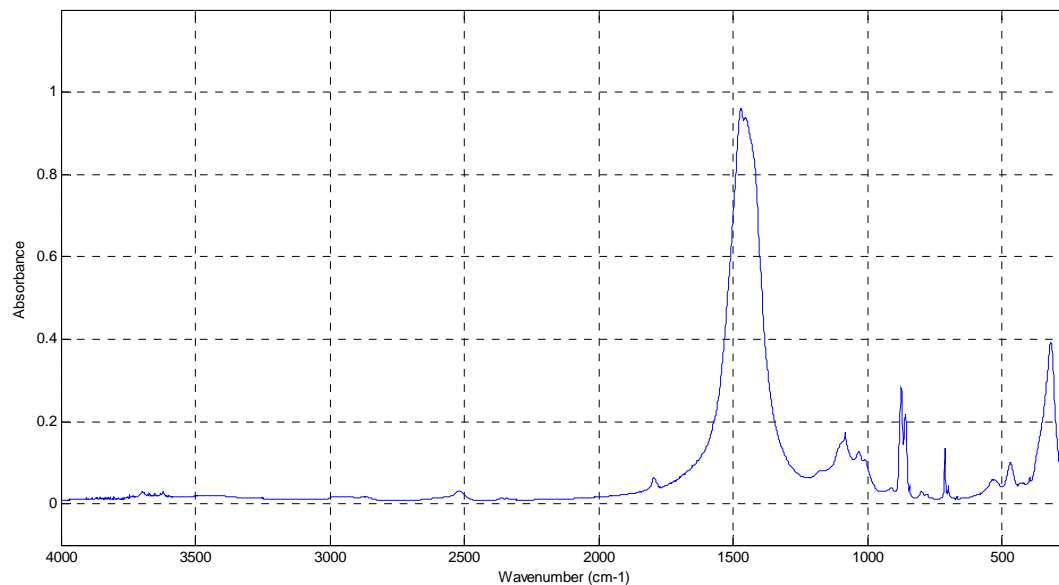
ABO5 116-118



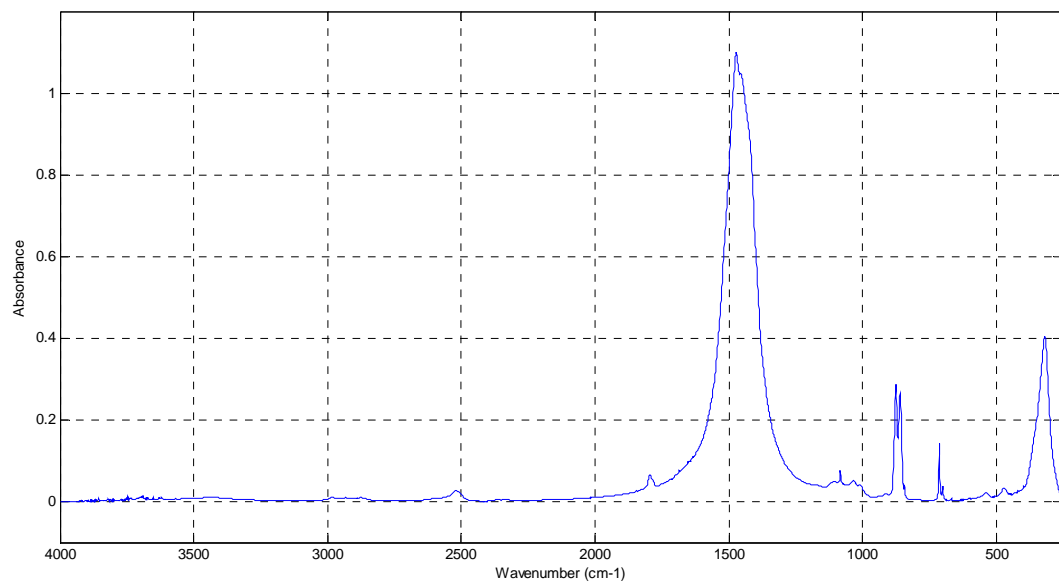
ABO5 120-122



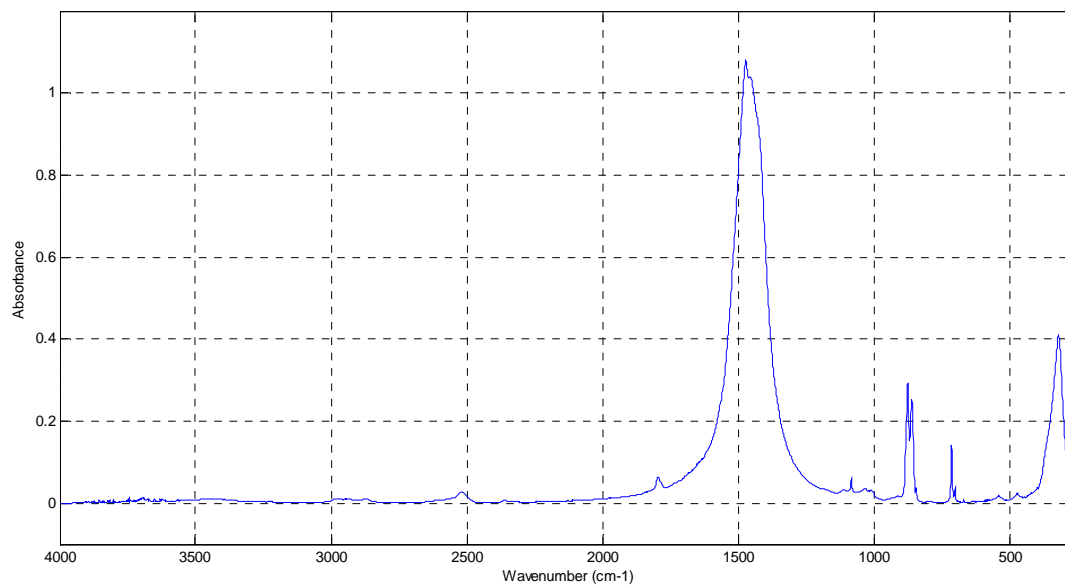
ABO5 124-126



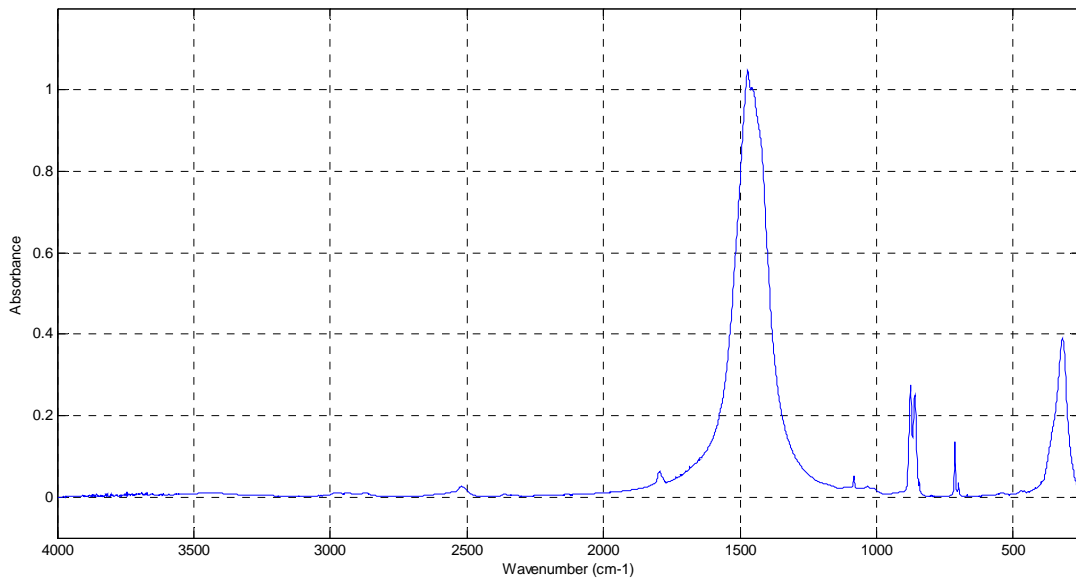
ABO5 128-130



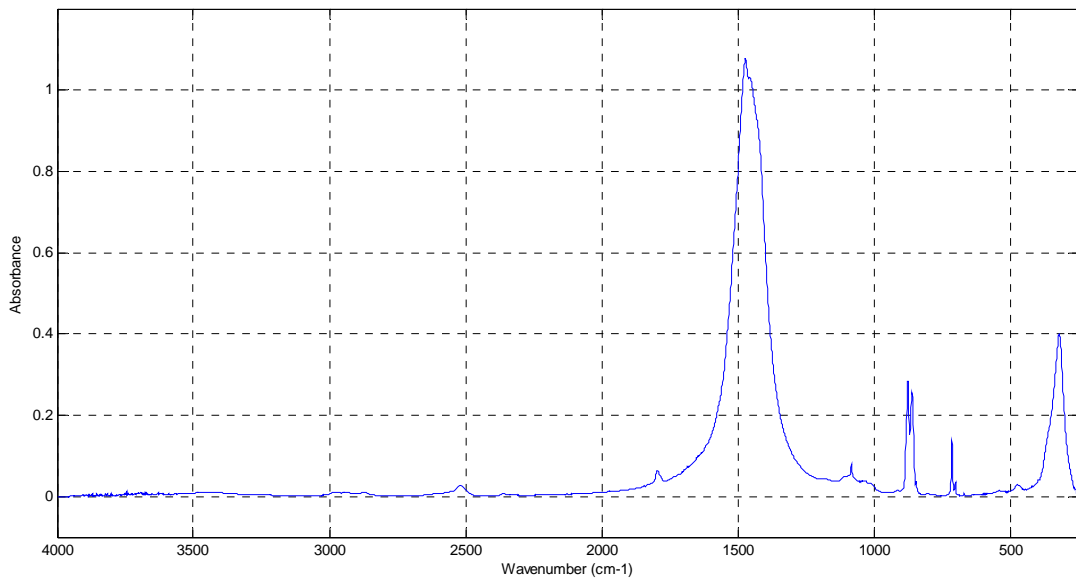
ABO5 132-134



ABO5 136-138



ABO5 140-142



ABO5 144-146

