



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CCMN - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**Caracterização Palinofaciológica de Sedimentos
devonianos das Ilhas Falkland**

Por

Luciana Marques Zago

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Araujo Carvalho

Estágio de Campo IV

SUMÁRIO

Lista de Figuras	3
Agradecimentos.....	5
Resumo	7
Abstract.....	8
1-INTRODUÇÃO	9
2 – ILHAS FALKLAND	10
2.1 Localização das Ihas Falkland	10
2.2 Geologia estrutural	12
2.3 Evolução tectono-sedimentar e litoestratigrafia.....	12
2.4 Formação Fox Bay	14
3 – MATERIAL E MÉTODO.....	16
3.1 Amostras.....	16
3.2 Preparação das Amostras	18
3.2.1 Preparação de Amostra para Análise de Palinofácies	18
3.2.2 Preparação para Análise de Carbono Orgânico Total (COT).....	19
3.2.3 Preparação do Material Para Análise de Pirólise Rock-Eval	19
3.3 Métodos Analíticos	20
3.3.1 Análise de Palinofácies.....	20
3.3.1.1 Conceitos de Palinofácies	20
3.3.1.2 Definição de Querogênio	21
3.3.1.3 Classificação do Querogênio.....	22
3.3.1.4 Microscopia em Luz Branca Transmitida (MLBT)	24
3.3.1.5 Microscopia em Luz Ultravioleta Incidente (fluorescência)	24
3.3.1.6 Contagem dos Componentes Orgânicos.....	25
3.3.1.7 Tendências na Distribuição do Querogênio	27
3.3.1.8 Índice de Coloração de Esporos (ICE)	28
3.3.2 Análise de Geoquímica Orgânica.....	31
3.3.2.1 Carbono Orgânico Total (COT).....	31
3.3.3 Tratamento Estatístico	33
3.3.3.1 Análise de Agrupamento.....	33
4 - RESULTADOS.....	34
4.1 Componentes Orgânicos.....	34
4.2 Carbono Orgânico Total (COT)	38
4.3 Índice de Coloração de Esporos.....	39
5 - DISCUSSÃO	43
5.1 Interpretação Paleoambiental.....	45
6 - CONCLUSÃO	49
7 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	50
ANEXO I	58
ANEXO II.....	59
ESTAMPA 1	61
ESTAMPA 2	63
ESTAMPA 3	65
ESTAMPA 4	67
ESTAMPA 5	69

ESTAMPA 6	71
ESTAMPA 7	73
ESTAMPA 8	75
ESTAMPA 9	77

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa das Ilhas Falkland.....	11
Figura 2 – Coluna Estratigráfica das Ilhas Falklands	13
Figura 3 – Amostras e sua respectiva litologia da Formação Fox Bay.	17
Figura 4 - Classificação geral dos principais componentes da matéria orgânica (baseado em Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Carvalho, 2001) (Mendonça Filho <i>et al.</i> , 2001).....	23
Figura 5 – Ficha de contagem de partículas orgânicas.....	26
Figura 6 - Sumário dos principais parâmetros de palinofácies com suas respostas relativas a alguns fatores paleoambientais em sedimentos marinhos (modificado de Menezes, 2002).....	28
Figura 7 - Índice de coloração dos esporos (ICE), (Robertson Research International Limited).....	30
Figura 8 - Média de abundância dos componentes orgânicos identificados em todas amostras.	36
Figura 9a - Média de abundância dos componentes orgânicos registradas no lado oriental das Ilhas Falkland.	36
Figura 9b - Média de abundância dos componentes orgânicos por localidade registradas no lado oriental das Ilhas Falkland.	37
Figura 10a - Média de abundância dos componentes orgânicos registradas no lado ocidental das Ilhas Falkland.	37
Figura 10b - Média de abundância dos componentes orgânicos por localidades registradas no lado ocidental das Ilhas Falkland.	38
Figura 11 - Média geral dos valores de COT e comparação entre o lado oriental e ocidental das Ilhas Falkland.	39
Figura 12 - Média geral dos valores de ICE e comparação entre o lado oriental e ocidental das Ilhas Falkland.	39
Figura 13 - Dendograma (Modo-Q) das amostras estudadas.....	40
Figura 14 – Média percentual dos grupos de querogênio no Agrupamento 1.	41
Figura 15 – Média percentual dos grupos de querogênio no Agrupamento 2.	41
Figura 16 – Média percentual dos grupos de querogênio no Agrupamento 3.	42

Figura 17– Correlação de valores de vitrinita com maturidade de rocha (Bertrand <i>et al.</i> , 1993).	43
Figura 18 - Comparação percentual do querogênio do Agrupamento 2 entre o lado ocidental e oriental evidenciando a média da MNI.....	45
Figura 19 - Comparação percentual do querogênio do Agrupamento 2 entre o lado ocidental e oriental evidenciando a média da MNI.....	45
Figura 20 – Ilustração esquemática do diagrama ternário e chave para campos de palinofácies usando o diagrama ternário (modificado de Tyson, 1993).	47
Figura 21 - Diagrama ternário de todas amostras estudadas (Tyson, 1993).	48
Figura 22 - Comparação entre os diagramas ternários de amostras do lado ocidental e oriental.	48

Agradecimentos

Esse momento é muito difícil, pois tenho muito a agradecer e não sei exatamente por onde começar.

Nesse primeiro momento quero agradecer ao Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho, que me deu oportunidades incríveis, como conhecê-lo um pouco. Por me aceitar em um projeto no momento em que eu mais precisava, por confiar em mim e no meu tempo que foi longo por demais, pelos conselhos e por me dar à oportunidade de conhecer o meu Orientador Prof. Dr. Marcelo de Araujo Carvalho.

Quero também agradecer ao Prof. Dr. Leonardo Borghi por ter me doado todo o material e informações que ele possuía sobre as ilhas Falkland.

Agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Carvalho por toda a dedicação, paciência e ajuda nesse trabalho, sem ele com certeza não teria fluído. Obrigado por ter me esperado e ter me dado tempo para que eu pudesse realizá-lo, sem cobranças.

Agradecer aos meus pais Eliana e José, por toda a força, pela dedicação, pela compreensão, pelo estímulo, pela ajuda e pelo sacrifício que passaram para me manter na Universidade. Por me criarem como lutadora e principalmente por sempre acreditarem que eu seria capaz.

Ao meu irmão Thiago que é estímulo só por existir.

Ao meu eterno namorado, amigo e companheiro Alexandre, que me deu força, que teve paciência com as viagens, com as noites acordadas, pela ausência, pelas brigas, pelos momentos difíceis e principalmente pelos bons momentos que me proporcionou ao longo desses intermináveis anos.

A minha avó Maria, que me ajudou muito, principalmente nas viagens e também pela força dada em todos os momentos.

Agradecer a minha amiga e companheira de campo Ingrid Lage, por todos os momentos maravilhosos que passamos juntas e principalmente pela paciência que teve comigo durante todos esses anos.

A minha amiga Madalena Manuela que me proporcionou momentos lindos, que me ensinou muito, principalmente sobre a vida e por toda a ajuda dado nos momentos difíceis.

A minha amiga Érica Escalzzzer que também me proporcionou bons momentos nesses anos e que me ajudou muito.

Agradecer muito ao Walgenor que me incentivou, acreditou em mim e me deu tempo para a conclusão desse trabalho e, além disso, tenho certeza que torceu por mim.

A Rosângela que se transformou em uma amiga pessoal, que também me incentivou, me deu força e acreditou no meu potencial e que também torceu por mim.

Ao Aluísio que desde o primeiro momento que entrei na Geologia me apoiou e me mostrou várias coisas dentro da Universidade.

Agradecer ao Donizete e a Taíssa que me ajudaram com as lâminas quando eu precisei e foram incentivadores por ser quem são.

A todos os amigos que fiz nesses anos de universidade e a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram nessa minha jornada.

E por último, porém mais importante do que tudo a DEUS que com certeza é o grande responsável por tudo que tem acontecido e por ter me mantida viva para que eu pudesse junto com tantas pessoas realizar mais esse trabalho.

Resumo

O estudo palinofaciológico realizado em 26 amostras de 10 localidades das Ilhas Falkland permitiu caracterizar e diferenciar as duas ilhas principais de Falkland: Falkland Ocidental e Oriental. Todas as amostras pertencem a Formação Fox Bay de idade devoniana que consistem de arenitos finos a grossos intercalados com folhelhos. Para acessar informações sobre o querogênio foram empregados análise de palinofácies que se utiliza microscopia de luz branca transmitida e de ultravioleta, Índice de Coloração de Esporos (ICE), análise de Carbono Orgânico Total (COT). Além disso, foi empregada análise de agrupamento (modo-Q) para checar as afinidades entre as amostras baseada na composição e abundância do querogênio. A análise qualitativa do querogênio permitiu identificar seis tipos de componentes orgânicos: matéria orgânica amorfa (MOA), fitoclasto, *Spongiophyton*, acritarcas, prasinófitas e uma matéria orgânica não identificada (MNI) oriunda do alto grau de carbonização das amostras. De maneira geral as amostras encontram-se relativamente carbonizadas. Após contagem de 300 partículas por amostras obtendo-se o percentual, foi observado que MOA foi o elemento mais abundante do total do querogênio. A análise de agrupamento revelou três grupos de amostras: Agrupamento 1, onde as prasinófitas foram as mais significativas; Agrupamento 2 tendo MNI como elemento mais significativo; e Agrupamento 3 sendo influenciado principalmente pela MOA. Através dos resultados encontrados (contagem do querogênio, ICE, análise de agrupamento) constatou-se uma diferenciação entre as duas ilhas principais. Em Falkland Ocidental observa-se uma maior diversidade de querogênio e maior predomínio de MOA. As amostras encontram-se menos carbonizada indicada pela menor abundância de MNI sugerindo uma menor influência térmica resultante de um menor soterramento. Em Falkland Oriental, alto grau de maturação térmica em consequência de um maior soterramento, causou uma maior abundância de MNI. A causa provável da maturação térmica foi à ativação da falha Hornby Mountain. A interpretação paleoambiental foi feita com base em diagramas ternários que revelaram dois ambientes principais de sedimentação: 1) plataforma distal desóxica-anóxica; e 2) bacia proximal subóxica-anóxica. Utilizando os gráficos ternários não foi possível observar a diferença entre as ilhas Falkland Ocidental e Oriental.

Abstract

Palynofacies analysis of 26 samples of the 10 localities from Falkland Islands allowed to characterize and differentiate the two major island of Falkland: West Falkland and East. All samples belongs the devonian Fox Bay Formation that consist of fine-coarse grained sandstones intercalates with shales package. To assess the data about kerogen palynofacies analysis, Spore Color Index (SCI), Total Organic Carbon (TOC) were employed. Moreover the results were submitted to the cluster analysis (Q-mode) in order to establish grouping and recognized the relationship between the samples based on abundance and composition of kerogen. Six types of organic components were identified: amorphous organic matter (AOM), phytoclasts, *Spongyophyton*, acritarchs, prasinophycean algae, and non-identified matter (NIM). In general, the samples are very carbonized. In each sample 300 particles were counted. The AOM is most abundant kerogen. Q-mode cluster analysis based on abundance and composition of all samples revealed three clusters. Theses are: Cluster 1, which is composed mostly of prasinophycean algae; Cluster 2 of high abundances of NIM; and Cluster 3 composed of very high abundances of AOM.

The results of kerogen count, SCI and cluster analysis indicate a differentiation between the two major islands (West and East). In West Falkland the abundance and diversity is higher as East Falkland. The samples are not completely carbonized indicated by a low abundance of NIM as results of a lesser thermal influence. In East Falkland the NIM is the most abundant kerogen type. This suggests that West Falkland has been buried to a much shallower depth than East Falkland. In East Falkland. The cause of the carbonization was probably the movement of the Hornby Mountain Fault.

The interpretation of paleoenvironment was supported based on ternary diagram, which inferred two sedimentation environments: 1) Distal dysoxic-oxic shelf; and 2) Proximal suboxic-anoxic basin. Based on ternary diagrams was not possible to observe the difference between the West and East Falkland.

1-INTRODUÇÃO

A história sedimentar das Ilhas Falkland iniciou-se provavelmente no Siluriano, no entanto, só a partir do Devoniano pacotes sedimentares significativos foram depositados, incluindo a Formação Fox Bay alvo do presente estudo.

A Formação Fox Bay é registrada nas duas ilhas principais, sendo mais significativa no lado ocidental. A deposição dos sedimentos da formação reflete a diferença de ambiente sedimentar encontrados em ambos lados.

Poucos estudos foram realizados com objetivo de analisar a composição da matéria orgânica depositada nas Ilhas Falkland. Por isso, esse trabalho visou identificar, através da análise palinofaciológica, os componentes do querogênio, sua abundância e distribuição nos sedimentos estudados, além do paleoambiente. Para isso, foram empregues técnicas de análises, tais como palinofácies e geoquímica orgânica objetivando a integração multidisciplinar entre geoquímica, paleontologia, sedimentologia e biologia, associados a fatores ambientais, além de processos que controlam a produção e preservação da matéria orgânica, diretamente influenciados por processos geoquímicos e físicos, que atuam na modificação da matéria orgânica no decorrer de sua incorporação na geosfera.

Para um melhor estudo foram utilizadas também técnicas de: a) microscopia como microscopia em luz branca transmitida, que nos permite analisar qualitativamente as amostras, ultravioleta refletida que através da fluorescência indica o grau de preservação das amostras, campo escuro que além da análise qualitativa permite quantificar os componentes orgânicos nas amostras e o índice de coloração dos esporos (ICE) que permite verificar o grau de maturação térmica das amostras; b) análise de geoquímica orgânica, o teor de carbono orgânico total (COT), que permite quantificar a matéria orgânica; c) dados de contagem, os diagramas ternários que permite uma melhor interpretação paleoambiental e; d) análises de grupamento, o grupamento modo Q, que através dos dendogramas permite agrupar amostras com o maior número do mesmo componente orgânico.

2 – ILHAS FALKLAND

2.1 Localização das Ilhas Falkland

A Ilhas Falkland estão localizadas entre as coordenadas 51° e 52°30' S e 57°30' e 61°30'W ao sul do Continente Sul-americano no Oceano Atlântico e a leste da Argentina (Figura 1). As Ilhas Falkland são compostas por duas ilhas principais e cerca de 200 ilhas menores, sendo sua área total é 12,173 km².

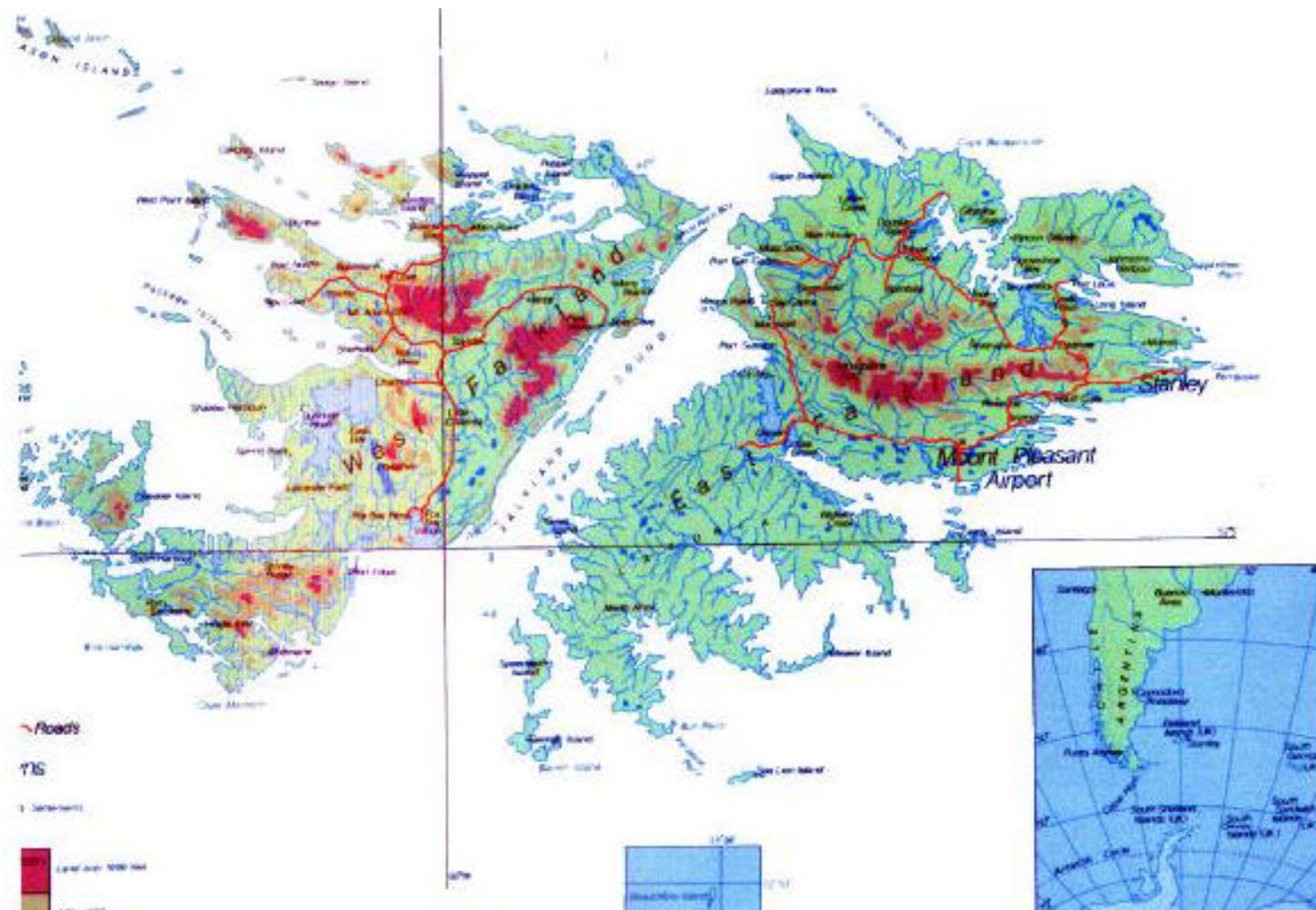


Figura 1 – Mapa das Ilhas Falkland

2.2 Geologia estrutural

As Ilhas Falkland localizam-se sobre um bloco crustal deslocado formando parte da Placa Sul-americana. De acordo com Curtis & Hyam (1998), existem dois principais alinhamentos estruturais sobre as Ilhas Falkland: (1) o alinhamento E-W/ESE-WNW, dobramento D1 do Permo-Triássico, de idade Gondwana através da metade norte de ambas as ilhas principais; e alinhamento NE-SW, dobramento D2 principalmente no Triássico chamado de Anticlinal Hornby na Falkland Oeste e o alinhamento chamado estreito de Falkland Sound entre as duas ilhas principais.

Sobre Falkland Oeste, dobras D1 são superimpostas por D2 Mesozóica, NE-SW alinhamento, Hornby Mountains Anticline (HMA), produzindo dobras localizadas de escala quilométrica do Tipo I e II. O HMA é interpretado como sendo resultado reativação dextral de uma falha NE-SW pré-existente no embasamento.

Muito se discute a respeito do movimento da Falha Hornby Mountain, que está abaixo da margem leste da Falkland Oeste, como causador direto de um deslocamento lateral das duas ilhas que conseqüentemente influenciaria em mudanças laterais nas fácies sedimentares.

Hyam *et al.* (1997) detalhou a ocorrência de diques de diamictitos de idade Carbonífero Inferior. Estes diques estão próximos a superfície, mostrando que o SW das Ilhas Falkland foi relativamente soerguido desde o Paleozóico e que recebeu uma reduzida sucessão dos grupos de Falkland Oeste e Lafonia em comparação com a Falkland Leste. Diques de diabásio do Jurássico são achados nas Ilhas Falkland.

2.3 Evolução tectono-sedimentar e litoestratigrafia

De acordo com Hyam *et al.* (2000) o embasamento cristalino Pré-Cambriano está exposto somente em Cape Meredith a sudoeste da Falkland Ocidental. Uma seqüência clástica dominada por arenitos, denominada de Grupo Falkland Ocidental, recobre discordantemente o embasamento. O grupo de idade Ordoviciano/Siluriano na sua base e devoniana no seu topo é dividido em três unidades: formações Port Stephens, Fox Bay e Port Stanley. O Grupo Lafonia está superposto

discordantemente ao Grupo Falkland Ocidental. Esse grupo de idade permiana consiste de sedimentos clásticos. A unidade basal do Grupo Lafonia é a Formação Bluff Cove que é restrito a Falkland Oriental. Acima está a Formação Fitzroy Tillite em conformidade com a Formação Bluff Cove, na parte leste da Ilha, porem na parte ocidental existe uma inconformidade com a Formação de Port Stanley. A Formação Fitzroy Tillite em conformidade com a Formação Port Sussex que é composto por lamitos preto rico em matéria orgânica, chamada de Membro Black Rock. Acima desta, está a espessa seqüência clástica da parte superior do Grupo Lafonia, cobrindo a maior parte da metade sul de Falkland Oriental de idade Permiano Superior. A coluna estratigráfica das Ilhas Falkland é apresentada na Figura 2.

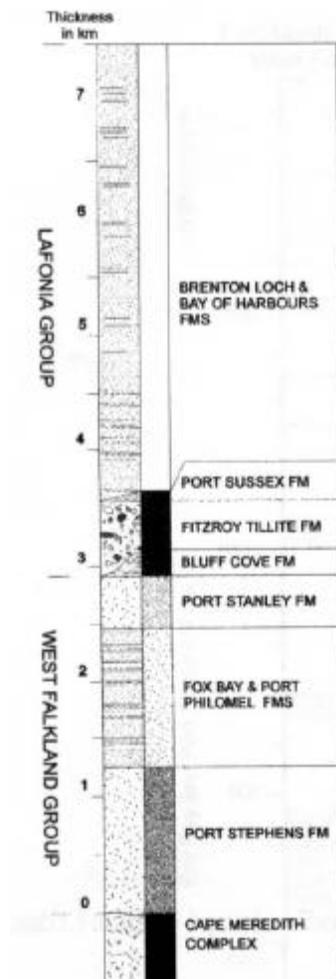


Figura 2 – Coluna Estratigráfica das Ilhas Falkland, segundo Hyam (2000).

2.4 Formação Fox Bay

A litoestratigrafia das Ilhas Falkland está subdividida em três grandes unidades: Complexo Cape Meredith (Proterozóico), Grupo Falkland Ocidental (?Siluriano-Devoniano) e o Grupo Lafonia (Carbonífero Superior-Permiano) (Figura2). A Formação Fox Bay pertence ao segundo grupo citado.

Baker (1924 *apud* Aldiss & Edwards 1999), usou o nome “Fox Bay Beds” para descrever um depósito fossilífero não aflorante entre os principais depósitos de quartzitos.

A Formação Fox Bay é tipicamente composta por arenitos finos a médios de coloração castanho-amarelado e marrom-avermelhado a cinza ou preto. Estes estão intercalados com siltitos e folhelhos em proporções variadas. Arenitos grossos também são encontrados, porém em menor proporção. Os arenitos são tipicamente subarcóseos, geralmente com mica branca de granulação fina. Siltitos micáceos bioturbados cinza é o componente comum da base da formação. Algumas fácies são calcárias e possuem concreções de pirita, onde estão presentes principalmente no norte de área de Hill Cove. Rochas calcárias estão virtualmente ausentes, mas nódulos de rochas calcárias ocorrem localmente em lamitos na costa sul de Pebble Island, e a sul de First Mountain.

A base da Formação Fox Bay é marcada por uma mudança abrupta de uma sucessão de arenitos finos a médios com estratificação cruzada e composta também por arenitos bioturbados. Embora os 20m do Membro Fish Creek mostre uma mistura de fácies entre as duas unidades, a base da Formação de Fox Bay é normalmente distinguível em seções expostas pela primeira camada de arenito bioturbado sobreposta a um pacote de arenitos grossos com estrutura cruzada do Membro Fish Creek.

A Formação Fox Bay é rica em fósseis marinhos, principalmente invertebrados (esponjas, braquiópodos, bivalves, trilobitas, crinóides, gastrópodos). Braquiópodos e fragmentos de crinóides são os mais comuns. Assembléias de trilobitas devonianas encontrados na Formação Fox Bay também são encontrados na Formação Ponta Grossa da Bacia do Paraná, Brasil.

De acordo com Hyam *et al.*(2000) a formação esta distribuída amplamente na Falkland Ocidental e em pequenas ilhas ao norte e na parte norte de Falkland Oriental. A Formação Fox Bay está em conformidade sobre os arenitos grossos da Formação de Port Stephens, e também sob a Formação Port Philomel. No topo da formação, em partes da Falkland Ocidental, é reconhecido Membro East Bay.

Tanto do lado ocidental como oriental são observados cinco pacotes de arenitos alternados com cinco pacotes de folhelhos. No entanto, observa-se que em Falkland Oriental a seção da Formação Fox Bay e mais rica em folhelho do que o lado ocidental. Essa diferença denota que em Falkland Ocidental o ambiente deposicional era marinho raso.

3 – MATERIAL E MÉTODO

3.1 Amostras

Foram coletadas 26 amostras em 10 localidades da Ilhas Falklands (Figura 3). Todas amostras pertencem a Formação Fox Bay de idade devoniana. A descrição de cada amostra é apresentada abaixo.

Localidade e amostra	Descrição Litológica	Fosseis
CC1 – Caneja Creek , Port Salvador Amostra: CC1	Siltitos e folhelhos silticos castanho-escuros a pretos, tempestitos distais	Gastrópodes, trilobitas (homalonotídes), braquiopódes (orbiculoídes), crinóides.
CC2 - Caneja Creek, Port Marsey Amostra: CC2	Folhelhos pretos verticalizados (?) ou cisalhados (?)	Camadas muito bioturbadas com <i>Zoophycos</i> ou <i>Planolites</i> . gastrópodes e braquiópodes (espiriferídeos).
FBEKP – Fox Bay at Keep Point Amostra: FBEKP1, FBEKP2, FBEKP3 e FBEKP4	- Arenitos médios, principalmente finos e grossos, com estratificação cruzada de pequeno porte ou plano paralela/ baixo angulo. Alguns intraclastos arredondados de folhelhos pretos. - Arenitos finos ou médios em camadas tabulares maciços ou com laminação cruzada por onda que gradam para folhelhos e arenitos muito finos com HCS/WXL.	<i>Planolites</i> , <i>Scolicia</i> (?) Raros conefáceos e austrolocélias
PI – Pebble Island – Markham Valley Beach Amostra: PI1, PI2, PI3, PI4, PI5, PI6 e PI7	Folhelhos e siltitos, alguns tempestitos	Trilobitas, braquiópodes, crinóides, cefalópodes, bivalves, raros calmonídeos, esperiferídeos e conetáceos.

Localidade e amostra	Descrição Litológica	Fósseis
PH – Port Howard Amostra: PH1	Arenito fino, intercalado com <i>Cruziana</i> em arenitos médios	Braquiópodes (conetáceos e esperiferídeos), trilobitas, crinóides e raros bivalves
DC – Douglas Creek Amostra: DC1, DC2, DC3, DC4, DC5	Folhelhos pretos com delgadas lentes de arenitos	calmoniídeos e muitos " <i>Australocoelias</i> "; observou-se <i>Pleurochonetes</i> , tentaculitídeos, nuculoídeos, escolecodontes.
DHBP – Dunnose Head Black Pool Beach Amostra: DHBP1 e DHBP2	Arenitos médios a grossos com estratificação cruzada acanalada de porte médio a grande; arenitos finos laminados ou c/ climbing ripples intercaladas com abundante matéria orgânica vegetal	Fósseis vegetais
DHFH – Ferny Hill. Fox Bay Amostras: DHFH1 E DHFH2	Muitos folhelhos são "papiáceos"; estratificação cruzada de médio porte a grande	Fósseis vegetais
DHCP – Dunnose Head, Port Philomel Amostra DHCP1	Arenitos de médios a grossos com estratificação cruzada de médio porte, algumas sigmóidais, laminação plano-paralela/ondulada. Ocorre também arenitos mal selecionados e grão subangulosos/subarredondados	Detritos vegetais com <i>Skolithos</i>
FBW – Fox Bay West Amostra FBW1	Folhelho e arenitos muito finos com laminação cruzada por onda e tempestitos distais	Calmoniídeos, conetáceos, gastrópode e peixe
PL – Port Louis Farm (Port Louis) Amostra: PL1	Folhelhos pretos silticos e argilosos. Folhelhos muito fraturado	esperiferídeos, crinóides e muitos <i>Zoophycos</i>

Figura 3 – Amostras e sua respectiva litologia da Formação Fox Bay.

3.2 Preparação das Amostras

As técnicas de preparação das amostras realizadas em laboratório estão descritas a seguir.

3.2.1 Preparação de Amostra para Análise de Palinofácies

A preparação das amostras para a análise palinofaciológica segue os procedimentos não oxidativos padrões apresentados por (Tyson, 1995), adaptado por Mendonça Filho (1999). O objetivo principal dessa preparação é concentrar ao máximo o material orgânico particulado contido nas amostras.

O procedimento inicial consiste em triturar o material com um moinho manual em fração de 5mm.

A primeira fase da técnica de maceração por acidificação dá-se por adição de ácido clorídrico a 25%, que tem como objetivo eliminar a fração mineral carbonática caso seja presente na amostra. Esse procedimento requer um tempo de 18 horas. A seguir as amostras são lavadas três vezes consecutivas, com água destilada para a decantação.

Após o procedimento acima descrito, as amostras são atacadas com ácido fluorídrico a 40% (1000 ml) deixando repousar por 24 horas. Posteriormente faz-se a decantação do ácido excedente, com adição de 200ml de ácido clorídrico a 20% para excluir possíveis cristais de fluoreto que possam ter precipitado no ataque de ácido fluorídrico, repousando por 30 minutos. Decantou-se a solução de ácido clorídrico e completou-se com água destilada repousando por 24 horas, seguido de três lavagens consecutivas com água destilada.

Posteriormente coloca-se o resíduo em tubo de ensaio de 50ml, e adiciona-se o dobro de sua quantidade de cloreto de zinco, com a densidade de 1,9 a 2,0. A seguir deixa-se repousar por 12 horas, para obter a separação onde se aproveita a fração do fundo que é decantada, e a fração sobrenadante, esta última é separada e adicionam-se gotas de ácido clorídrico 20% e água destilada para lavagem, o

processo é repetido por 3x consecutivas. O material adquirido nesse processo final coloca-se em vidro de 30ml a iniciar a montagem da lâmina.

Para não ocorrer perdas de material orgânico de menor tamanho, opta-se por não usar peneiramento ou centrifugação, no processo de preparação do material, por existir material orgânico de tamanho diminuto.

Na preparação de lâminas organopalinológicas usa-se lâmina de vidro (24x76 mm), adiciona-se uma gota de água destilada, espalha-se o material na lâmina. Quando o material sobre a lâmina estiver seco, acrescentam-se 3 gotas de resina ou bálsamo e a lamínula (20x32mm) para colagem.

Quando a lâmina com lamínula seca, limpa-se o excesso de resíduo nas bordas.

3.2.2 Preparação para Análise de Carbono Orgânico Total (COT)

Todas as 26 amostras foram preparadas para a análise de COT. O procedimento padrão inicia-se com o peneiramento a 0,177mm (80 mesh), onde dela retiram-se 0,25-0,26 gramas em cadinhos de porcelana filtrante. Após a pesagem, a amostra é acidificada com ácido clorídrico 6N quente, durante 1 hora com o objetivo de eliminar a fração carbonática.

Seguidamente a amostra é lavada por no mínimo 24 horas com água quente, para retirar todo cloreto, em seguida faz-se o teste com nitrato de prata.

A amostra é então secada em estufa a 80°C e repete-se a sua pesagem.

3.2.3 Preparação do Material Para Análise de Pirólise Rock-Eval

Para tal usa-se o mesmo processo de maceração para o carbono orgânico total. Apenas 6 amostras foram preparadas para a análise de pirólise: DHBP1, DHBP2, DHCP1, DHFH1, DHFH2 E FBEKP4.

3.3 Métodos Analíticos

Para elaboração deste trabalho foram empregadas técnicas de análises palinofaciológicas e geoquímica orgânica, com a finalidade de reconhecer a composição, distribuição e preservação da matéria orgânica presentes nas amostras analisadas. Para tal é necessária integração de dados de geologia, geoquímica e sedimentologia, associados a fatores ambientais que controlam a produção de matéria orgânica. Além disso, para uma melhor interpretação dos resultados uma análise estatística se fez necessária para um melhor entendimento da distribuição da matéria orgânica nas duas ilhas principais.

3.3.1 Análise de Palinofácies

3.3.1.1 Conceitos de Palinofácies

O termo palinofácies foi introduzido por Combaz (1964), definindo como sendo o estudo palinológico de assembléia total de matéria orgânica, após o seu tratamento, que consiste na remoção da fração mineral através de acidificação por ácido fluorídrico e clorídrico. Apesar do termo ter se tornado popular a sua definição varia entre diferentes autores.

Habib, (1982-1983), *apud* Mendonça Filho (1999), considera palinofácies como sendo uma das particularidades do estudo de fácies orgânicas.

A mais corrente definição de palinofácies é de Tyson (1995). Segundo o autor a análise de palinofácies constitui o estudo palinológico, de ambientes deposicionais e do potencial de rochas geradoras de hidrocarbonetos com base na assembléia total de matéria orgânica particulada, que pode ser definida como “um corpo de sedimento contendo uma assembléia distinta de matéria orgânica palinológica, idealizada para refletir um grupo específico de condições ambientais, ou ser associado com um nível característico do potencial de geração de hidrocarbonetos”.

Os métodos usados para o estudo de matéria orgânica nos sedimentos e rochas sedimentares variam com relação à idade dos sedimentos, fonte e o estado de preservação.

A análise de palinofácies é usada amplamente devido ao seu baixo custo, porém com resultados eficazes. Por se tratar de um estudo multidisciplinar, freqüentemente associamos a análise palinofaciológica outros estudos relacionados a geociências como a sedimentologia, geoquímica orgânica entre outros.

3.3.1.2 Definição de Querogênio

Welte (1972) considera o querogênio como sendo a fração da matéria orgânica sedimentar insolúvel em solventes orgânicos. .

Segundo Durand (1980), o querogênio é a matéria orgânica sedimentar insolúvel em solventes orgânicos, (Tissot & Welte, 1984) consideraram o querogênio como constituintes orgânicos das rochas sedimentares que são insolúveis em componentes aquosos alcalinos e solventes orgânicos.

O querogênio não é considerado como uma substância individual variável, mas como sendo uma mistura heterogênea e complexa, na qual a composição reflete proporções grandemente variáveis de um grande número de materiais precursores, (Tyson, 1995).

Diferentes tipos de querogênio podem ser reconhecidos pelo exame óptico e por análises físico-químicas:

- **Tipo I:** matéria orgânica algal lacustre e matéria orgânica enriquecida em lipídios por ação bacteriana (amorfa)
- **Tipo II:** matéria orgânica marinha depositada em ambientes redutores (além de esporos, grãos de pólen, cutículas de vegetais superiores).
- **Tipo III:** matéria orgânica lenhosa de vegetais terrestres superiores.

3.3.1.3 Classificação do Querogênio

Uma classificação internacional preliminar foi discutida durante um Workshop sobre “Classificação de Matéria Orgânica” em Amsterdã. A classificação adotada neste trabalho foi desenvolvida por (Tyson 1993; 1995).

A matéria orgânica particulada pode ser classificada em quatro grupos principais com seus respectivos subgrupos.

Embora adotada uma classificação com critérios padronizados, alguns grupos ou subgrupos podem não estar presentes nas amostras. A classificação utilizada é apresentada na Figura 4.

Grupo & Subgrupos		Origem	Descrição	
Materia orgânica amofa	"MOA"	Derivado de phytoplâncton ou degradação de bactérias.	Material não estruturado com formato variado; amarelo-laranja-vermelho; laranja-marrom; cinza. Homogêneo; com "speckles"; com inclusões (palinômorfos, fitoclastos, pirta).	
	Resina	Derivado de plantas superiores de florestas tropicais e subtropicais.	Partícula não estruturada, hialina, homogênea, não-fluorescente, arredondada.	
Fitoclastos	Opaco	Equidimensional	Derivado de tecidos lenhosos de plantas superiores ou fungos	Partícula preta de forma quadrática. Sem bioestruturas internas
		Alongado		Partícula preta de forma alongada. Eixo longo três vezes mais do que o eixo curto. Sem bioestrutura interna.
	Translucente	Não bioestruturados	Derivado de tecidos lenhosos de plantas superiores ou fungos	Partícula marrom sem bioestruturas
		Bioestruturados		Partícula marrom bioestruturada (estriado, listrado, bandado, etc.)
		Cutícula		Partículas amarelo pálido a marrom claro, delgadas, alguns casos com estômatos visíveis
		Membranas		Partículas amarelo pálido, comumente transparente
	Hifa de fungo	Derivado de fungos	Filamentos individuais do micélio da fase vegetativa dos fungi.	
Palinômorfos	Esporomorfo	Esporos	Palinomorfo terrestre produzido por pteridófitas, briófitas e fungos.	Palinomorfo de forma triangular ou circular, usualmente apresentando a marca trilete ("Y") ou monolete (1 cicatriz). Ornamentação variada.
		Grão de pólen	Palinomorfo terrestre produzido por plantas gymnospermas e angiospermas.	Palinômorfos com morfologia complexa a simples; usualmente esférico a subsférico; com vários tipos de ornamentação; aberturas podem estar presentes.
		Palino-foraminífero	Parede ("forro") interna de foraminíferos bentônicos.	Parede interna quitinosa; marrom; câmaras menores muitas vezes mais escura.
	Zoomorfo	Escolecodontes	Partes do aparelho bucal de alguns vermes poliquetos (maioria marinho).	Aparelho bucal em forma de "dente" constituído de quitina, marrom escuro; tamanho 100-1000 µm.
	Fitoplâncton	Acritarcas	Pequenos microfósseis de origem desconhecida.	Microfósseis com várias formas e esculturas que lembram dinoflagelados. Apresentam uma cavidade central fechada por uma parede com uma camada simples ou por múltiplas camadas; Tamanho 5-240 µm.
		Dinoflagelados	Restos dos cistos produzidos durante a parte sexual do ciclo de vida da Classe Dinophyceae.	Principal característica é a paratabulação que divide a teca e o cisto em placas retangulares ou poligonal separadas por suturas. Três principais morfologias: proximados, cavados e corados; muitas vezes com uma abertura (arqueopílo) através do qual ocorre o encistamento.
		Prasinófitas	Microfósseis produzidos por pequenas algas quadriflageladas (Divisão Pyrrhophyta).	Maioria, como <i>Tasmanites</i> , são esféricos; diâmetro 50 à 2000 µm.
		Algas Chlorococcale	Alga exclusivamente de água doce (<i>Botryococcus</i> e <i>Pediastrum</i>).	<i>Botryococcus</i> : colônias globular irregular; tamanho 30 à 2.000 µm, algumas vezes com vários lóbulos; laranja-marrom. <i>Pediastrum</i> : algas verdes colonial, radialmente simétricas; tamanho 30-200 µm em diâmetro e com um ou 2 chifres no anel mais externo das células. Células internas podem ser de forma irregular com espaços entre elas ou compactadas.

Figura 4 - Classificação geral dos principais componentes da matéria orgânica (baseado em Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Carvalho, 2001) (Mendonça Filho *et al.*, 2001)

3.3.1.4 Microscopia em Luz Branca Transmitida (MLBT)

O uso da MLBT possibilita a identificação e classificação dos componentes orgânicos contidos nas lâminas organopalinológicas ressaltando, a origem e o estado de preservação da matéria orgânica, o grau de alteração térmica (maturidade), através da coloração dos esporos, à natureza da matéria orgânica e o potencial de geração de hidrocarbonetos através dos componentes orgânicos. A análise microscópica foi efetuada nas 26 lâminas organopalinológicas obtidas após a preparação das amostras, utilizando-se da MLBT, através de objetivas com aumento de 10x, 25x, e de 40x para melhor identificação dos componentes orgânicos. Para material analisado no presente estudo foi necessária a utilização do recurso no microscópio, do campo escuro devido ao alto grau de carbonização do conteúdo orgânico que levava não diferenciação de material fitoclasto opaco de outros componentes com, por exemplo, matéria orgânica amorfa.

3.3.1.5 Microscopia em Luz Ultravioleta Incidente (fluorescência)

Segundo Tyson (1995) quando a matéria orgânica é excitada com luz azul ou por meio de ultravioleta mostra uma fluorescência natural também chamada de autofluorescência.

A microscopia em luz ultravioleta incidente (fluorescência) foi utilizada para analisar algumas lâminas organopalinológicas para a determinação do estado de preservação do querogênio. O uso dessa técnica foi dificultado devido ao alto grau de carbonização do querogênio. Por tanto, foi utilizado somente nas amostras que a matéria orgânica estava mais bem preservada.

3.3.1.6 Contagem dos Componentes Orgânicos

O método de contagem visa quantificar os componentes orgânicos que servirá como base de dados para o tratamento estatístico. Para tal, foi utilizado retículo graduado e objetiva com aumento de 20x para a realização da contagem nas lâminas. Em cada lâmina foi feita a contagem de no mínimo 300 partículas orgânicas (querogênio).

A contagem foi feita através de seções retas na lâmina, na qual, todas as partículas nas bordas e vizinhas a graduação do retículo com tamanho superior a 10 μm foram contadas, com exceção das que se apresentaram inferior a metade do tamanho original. Os instrumentos usados foram: microscopia em luz ultravioleta incidente (em menor escala) e a microscopia de luz branca transmitida com auxílio do campo escuro (em grande escala), onde foi possível identificar e analisar o material mais carbonizado, já que a maioria das lâminas estava nessa situação. Os componentes orgânicos foram registrados em fichas (Figura 5) que foram montadas com o propósito de adequação aos componentes encontrados nas lâminas. Todos os valores registrados nas fichas foram transformados em percentuais no programa Excel para melhor utilização dos dados no tratamento estatístico.

Nº da amostra :

Data :

MOA

MNI

Palinomorfos

Microplâncton Marinho { **Acritarcas**
Prasinóphytas

Fitoclasto

Spongiophyton

Figura 5 – Ficha de contagem de partículas orgânicas

3.3.1.7 Tendências na Distribuição do Querogênio

As tendências na distribuição do querogênio são medidas com base na percentagem relativa dos componentes e em algumas razões entre dois componentes com características distintas na sua distribuição. O objetivo de realizar essas operações é buscar a caracterização paleoambiental principalmente no que tange a proximidade ou não da área onde a matéria orgânica esta sendo gerada. Com isso leva-se em conta que a sedimentação segue o sentido continente-mar. Para isso, devemos levar em consideração os seguintes aspectos:

- 1-** Proximidade do ponto de origem de sedimentos siliciclásticos flúvio-deltaicos e matéria orgânica terrestre (fitoclastos).
- 2-** A magnitude do ponto de origem flúvio-deltaico (ex. sua taxa de descarga).
- 3-** A magnitude e natureza da produtividade primária terrestre na área fonte do sedimento.
- 4-** O gradiente paleoambiental entre a área fonte e o sítio final de deposição.
- 5-** variação do nível do mar

Devemos levar em consideração que nem sempre temos disponível nas amostras todos os componentes do querogênio, por isso, devemos utilizar aqueles que nos dão uma melhor resposta. As tendências na distribuição utilizadas nesse estudo são sumarizadas na Figura 6.

SUMÁRIO DE ALGUMAS TENDÊNCIAS GERAIS EM PALINOFÁCIES					
Fator Ambiental	Tendência Proximal-Distal	Percentual de Areia	Fácies distal anóxica	Redeposição	Ressurgência (clima árido)
Parâmetros					
% fitoclasto do querogênio	Alto baixo	Aumenta	Diminui	Aumenta	Diminui
% MOA do querogênio	Baixo alto	Diminui	Aumenta	Diminui	Aumenta
% palinomorfo do querogênio	Baixo alto	Diminui	Diminui	Pode aumentar	Pode aumentar
% esporomorfos dos palinomorfos	Alto baixo alto	Aumenta	Aumenta	Pode aumentar	Diminui
Abundância absoluta de esporomorfos	Alto baixo	Diminui	Diminui	Aumenta	Diminui
% fitoplâncton dos palinomorfos	Baixo alto baixo	Diminui	Diminui	Pode aumentar	Aumenta
%acritarcas dos plânctons marinho	Alto baixo	Pode aumentar	Normalmente baixo	Pode aumentar	Diminui
%prasinófitas dos plânctons marinho	Baixo alto	Sem registro	Aumenta	Diminui	Diminui

Figura 6 - Sumário dos principais parâmetros de palinofácies com suas respostas relativas a alguns fatores paleoambientais em sedimentos marinhos (modificado de Menezes, 2002).

3.3.1.8 Índice de Coloração de Esporos (ICE)

O ICE, técnica conhecida como “Índice de Coloração dos Esporos”, analisa o grau de maturação térmica baseado em certos componentes orgânicos provenientes de rochas sedimentares alteram a sua coloração a medida de que são submetidos a uma temperatura mais elevada, e como resultado, vão se tornando mais escuras, o que acontece com os esporomorfos (esporos, grãos de polens), é nisso que consiste o ICE.

Foram feitos vários estudos, (Gutjahr 1966), fez as primeiras pesquisas nesse sentido, e analisou a variação na coloração das partículas desde o amarelo ao marrom, e aplicou o termo carbonização a este efeito.

Staplin (1969), introduziu a teoria de alteração térmica (IAT), com base nas alterações de coloração de matéria orgânica numa escala de 1 à 5.

Correia (1971), observou que existia correlação direta para as variações de coloração dos grãos de esporos e polens com o aumento da temperatura.

Barnard *et al.* (1981), adotaram intervalos de classificação na ordem de 0.5 para melhor definição a variação de temperatura e, para tal, utilizaram uma escala que varia de 1-10.

Sobre as lâminas organopalinológicas foram feitas as medidas de ICE (figura 7), usando um microscópio Axioskop2, utilizando-se como referência padrão à classificação proposta por (Barnard *et al.*, 1981).

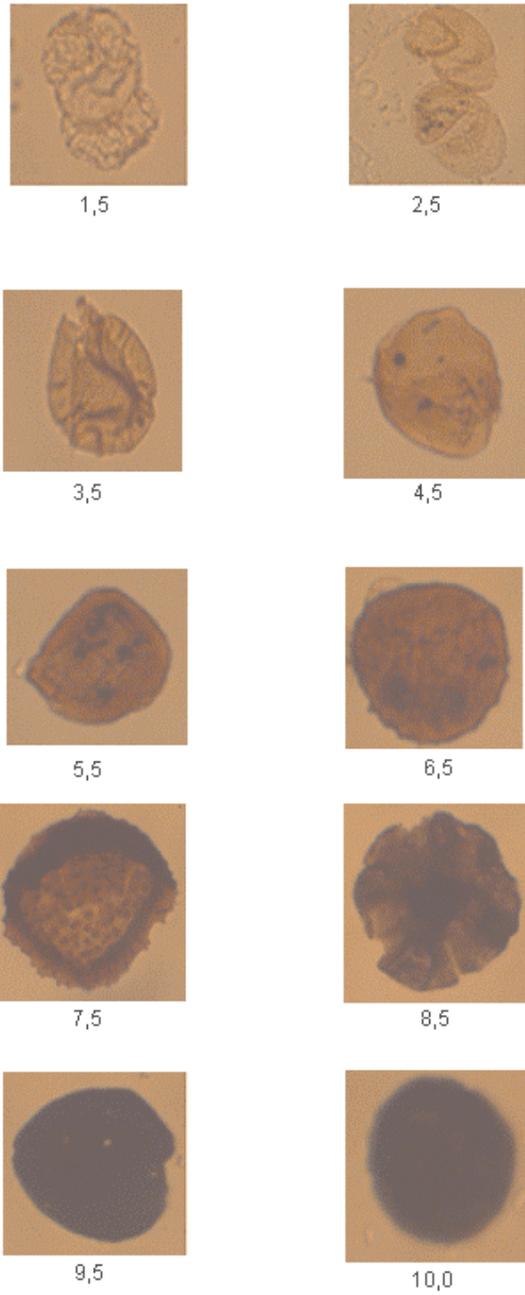


Figura 7 - Índice de coloração dos esporos (ICE), (Robertson Research International Limited)

3.3.2 Análise de Geoquímica Orgânica

3.3.2.1 Carbono Orgânico Total (COT)

A análise é feita em um aparelho composto por um forno de indução e um determinador. A amostra é queimada em presença de O₂, através de um circuito digital é feita leitura direta da quantidade de carbono na amostra.

Tissot & Welte, (1984) consideram que a quantidade de matéria orgânica presente em um sedimento é usualmente expressa através do conteúdo de carbono orgânico total, o qual inclui tanto a matéria orgânica insolúvel (querogênio) como a matéria orgânica solúvel (betume), sendo esta última, aproximadamente, 0,1% a 0,2% do conteúdo de carbono orgânico total.

Jarvie (1991) usa a quantidade de matéria orgânica contida em sedimentos, expressando como percentagem em peso relativo de carbono orgânico. O querogênio também possui quantidades significantes de elementos como Hidrogênio (3-10%), Oxigênio (3-20%) Nitrogênio (0-4%), Enxofre (0-4%), a proporção desses elementos não é constante, e depende da origem, estado de preservação, idade e o estado de evolução térmica da matéria orgânica (M. O).

Littke (1993) partiu do conteúdo de carbono orgânico do querogênio conhecido, para obter o conteúdo da matéria orgânica sedimentar a partir da seguinte expressão;

$$M.O\%_{\text{peso}} = \text{COT} \cdot 100\% \text{ carb. contido no querogênio}$$

O COT fornece a indicação do potencial que a rocha tem para gerar hidrocarbonetos. Segundo Bordenave *et al.*, (1993), a amostra com valor de COT entre 0-0,1 é considerada como baixo ou nenhum potencial de geração.

Ronov (1958) estimou que o conteúdo mínimo de carbono orgânico para que folhelhos sejam considerados rochas geradoras teriam que alcançar os 0,5%. Alguns pesquisadores têm concluído que algumas rochas contendo cerca de 0,5% de carbono orgânico poderiam produzir óleo ou gás, desde que tenham sido soterradas a uma profundidade suficiente. Tissot & Welte (1984) consideram que o limite mínimo do conteúdo orgânico frequentemente utilizado alcança os 5%.

Como foi citado a abundância de querogênio contido no sedimento é expressa como percentagem em peso relativo de carbono orgânico, sendo controlada por diversos fatores. Segundo Tyson (1995), valores elevados de COT geralmente são correlacionados com sedimentos de grão mais fino, devido à equivalência hidrodinâmica, entre a matéria orgânica, o tamanho do grão, e a relação entre a área da superfície das partículas e da matéria orgânica adsorvida. Logo a correlação inversa existente entre o conteúdo do COT em partículas na fração areia pode ser parcialmente uma consequência da porosidade e permeabilidade mais elevada dos sedimentos grosseiros.

A correlação COT e o tamanho dos grãos de sedimento são parcialmente dependentes da natureza predominante da matéria orgânica. Exista uma excelente correlação entre a matéria orgânica presente em frações sedimentares de granulação mais fina (silte e argila) e as observações registradas sobre a equivalência dos palinomorfos (Tyson, 1995). A percentagem das partículas maiores e mais densas de lenho e detritos macrófitas é freqüentemente maior em sedimentos de características proximais que são comparativamente mais ricos na fração mais grosseira (silte de granulação grossa a areia fina).

O conteúdo orgânico de sedimentos é mais bem correlacionado com a percentagem da fração silte e argila e tem uma correlação inversa com fração areia/silte+argila. Isto é parcialmente devido aos efeitos hidrodinâmicos (a maioria da matéria orgânica se equivale com a fração argila-silte), porém também pode ser devido ao aumento do potencial de oxidação da matéria orgânica em materiais sedimentares mais porosos e permeáveis. Em sedimentos de composição silte-argila devido à baixa porosidade, o potencial de oxidação pós-deposicional é dramaticamente reduzido (Tyson, 1995).

Hennessee *et al.*, (1986) apud Menezes (2002), mostram que em áreas onde a matéria orgânica terrestre é dominante, o COT tem uma relação positiva com o conteúdo de areia, mas onde a matéria orgânica marinha derivada de fitoplâncton é dominante o COT é correlacionado com o conteúdo de argila.

A correlação feita entre tamanho dos grãos de sedimentos, tipo de matéria orgânica e COT pode produzir uma distribuição distintamente bimodal de COT, com

um máximo relativo ocorrendo nos sedimentos mais finos, especialmente ambientes onde ocorre significativo suprimento de fitoclastos.

3.3.3 Tratamento Estatístico

Os valores percentuais que correspondem a 100%, calculados com base nos grupos e subgrupos propostos na classificação da assembléia de querogênio, obtidos pelo programa excel, posteriormente foram gerenciados no programa de TRIPLLOT, gerando diagramas ternários. Nos diagramas ternários os três componentes plotados, são normalizados a 100%, de acordo com Tyson (1993; 1995). Este tipo de diagrama fornece um resumo das características mais importantes dos resultados obtidos na contagem. O outro tratamento partiu de dados obtidos no programa Excel, através do programa *Statistic Basic*, usando o método de análise de agrupamento (modo Q), agrupando os grupos e subgrupos.

3.3.3.1 Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento foi empregada baseada na abundância e composição do querogênio encontrado nas amostras. Por formar grupos que possuem maior afinidade, baseados na abundância, este método serviu para agrupar os grupos e subgrupos em populações de componentes orgânicos que apresentam maior afinidade, determinados pela abundância dos componentes, e que podem ser agrupados por populações similares ou de máxima dispersão. Foram empregado o modo-R que agrupa os componentes baseado na sua abundância e o modo-Q que agrupa as amostras baseadas na abundância no caso dos diversos tipos de querogênio.

4 - RESULTADOS

4.1 Componentes Orgânicos

Dos 16 tipos de matéria orgânica descrita no capítulo 3, cinco foram identificadas nesse estudo: matéria orgânica amorfa, fitoclasto, acritarcas, prasinófitas, *Spongiophyton*. Além das cinco citadas, um tipo de matéria orgânica não identificada foi registrada (MNI). O percentual de elemento é mostrado no anexo 1.

Grupo Matéria Orgânica Amorfa (MOA)

❖ Matéria orgânica amorfa

Matéria orgânica derivada de atividades fitoplanctônica ou por degradação bacteriana. Material não estruturado de coloração que varia do amarelo ao cinza. Esse tipo de querogênio no material estudado encontra-se relativamente carbonizado com coloração cinza (anexo 2 - estampa 1).

GRUPO FITOCLASTO

❖ Fitoclasto

Fragmentos que variam do marron claro ao preto originados de tecidos lenhosos de vegetais superiores. Particularmente no material estudado, os fitoclastos, foram identificados com auxílio do campo escuro devido ao alto grau de carbonização de alguma amostras (anexo 2 - estampa 2).

Spongiophyton

Espécie de origem imprecisa considerada como membrana de parede cuticular de possível origem marinha. Fundamentalmente serve para datar o período Devoniano (anexo 2 - estampa 3).

Grupo Palinomorfos

❖ Prasinófitas.

Algas verdes quadriflageladas. As formas modernas deste grupo de algas têm sido consideradas como classe Prasinophyceae, provenientes dos gêneros *Cymatiosphaera*, *Leiosphaeridia*, *Maranhites*, *Pterospermela*, *Tasmanites* entre outras.

Wall (1962) e Jux (1968, 1969, 1977), fazem um estudo comparativo do fóssil *Tasmanites* com o ciclo de vida de algas mais recentes. Alguns gêneros mais recentes de prasinófitas tendem a ocorrer em ambientes de água doce. Como o restante da matéria orgânica identificada nesse estudo, as prasinófitas também encontram-se relativamente carbonizadas (anexo 2 - estampa 4).

❖ Acritarca.

Grupo polifilético de palinomorfos marinhos de origem incerta. Também podem ser encontradas relativamente carbonizadas (anexo 2 - estampa 5).

Material Orgânico não Identificado (MNI)

Matéria orgânica totalmente carbonizada o que impossibilitou a sua classificação (anexo 2 - estampa 6).

4.1.1 Abundância dos Componentes Orgânicos

Devemos ressaltar que no geral a matéria orgânica observada encontra-se carbonizada o que dificultou a identificação da mesma.

A MOA é o componente mais abundante, seguido da matéria não identificada (MNI). A média de abundância dos componentes registrados por amostra é mostrada na Figura 8.

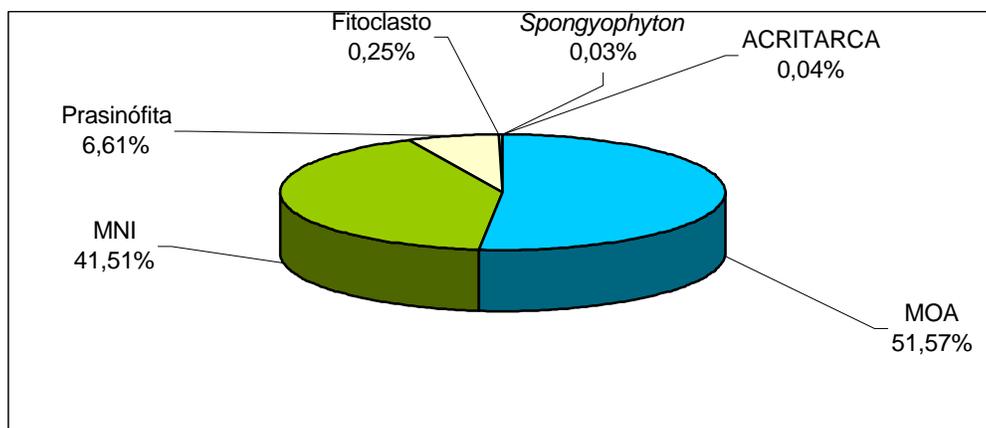


Figura 8 - Média de abundância dos componentes orgânicos identificados em todas amostras.

É observada uma diferença significativa da abundância e composição da matéria orgânica entre os lados oriental e ocidental das Ilhas Falkland. A diferença recai principalmente na maior ou menor abundância da MOA e MNI, os dois componentes mais abundantes (Figuras 9 e 10).

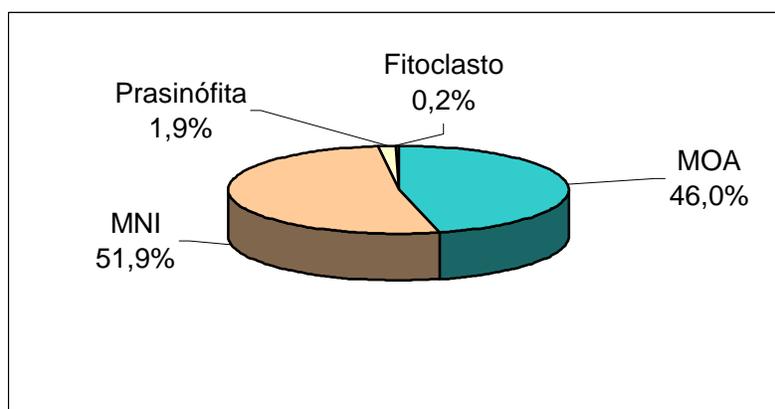


Figura 9a - Média de abundância dos componentes orgânicos registradas no lado oriental das Ilhas Falkland.

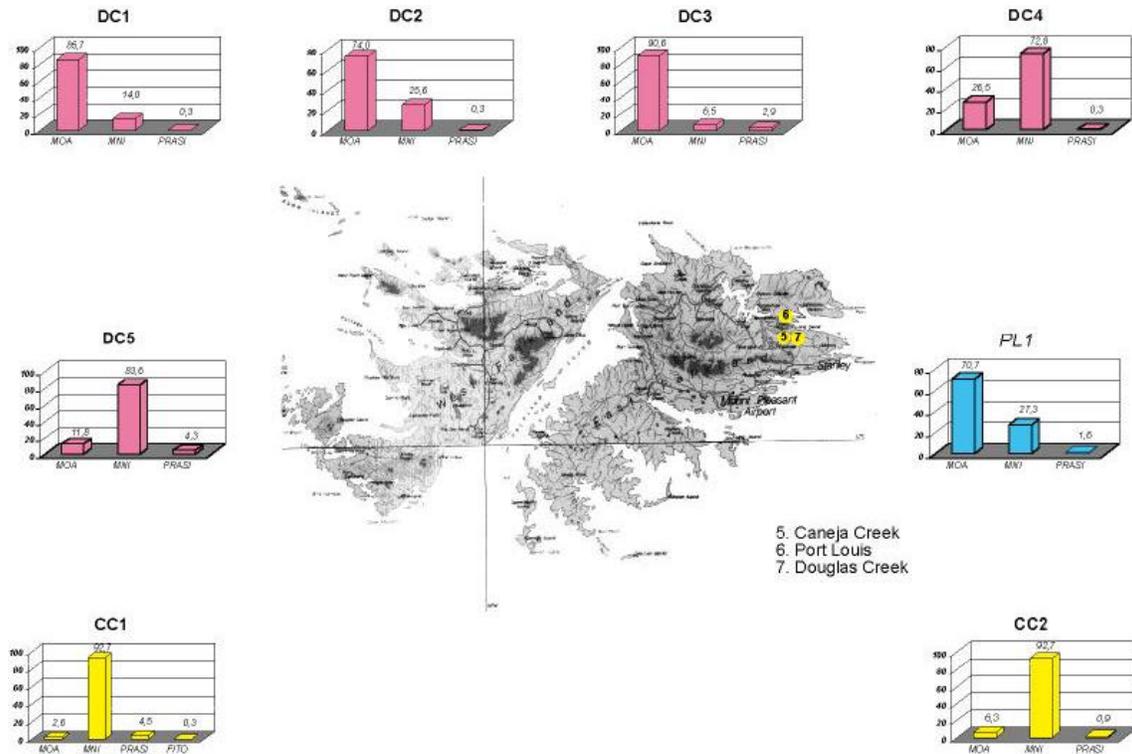


Figura 9b - Média de abundância dos componentes orgânicos por localidade registradas no lado oriental das Ilhas Falkland.

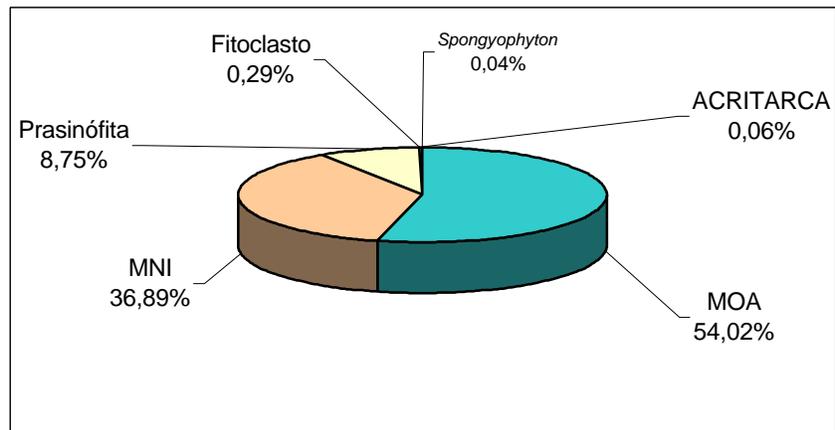


Figura 10a - Média de abundância dos componentes orgânicos registradas no lado ocidental das Ilhas Falkland.

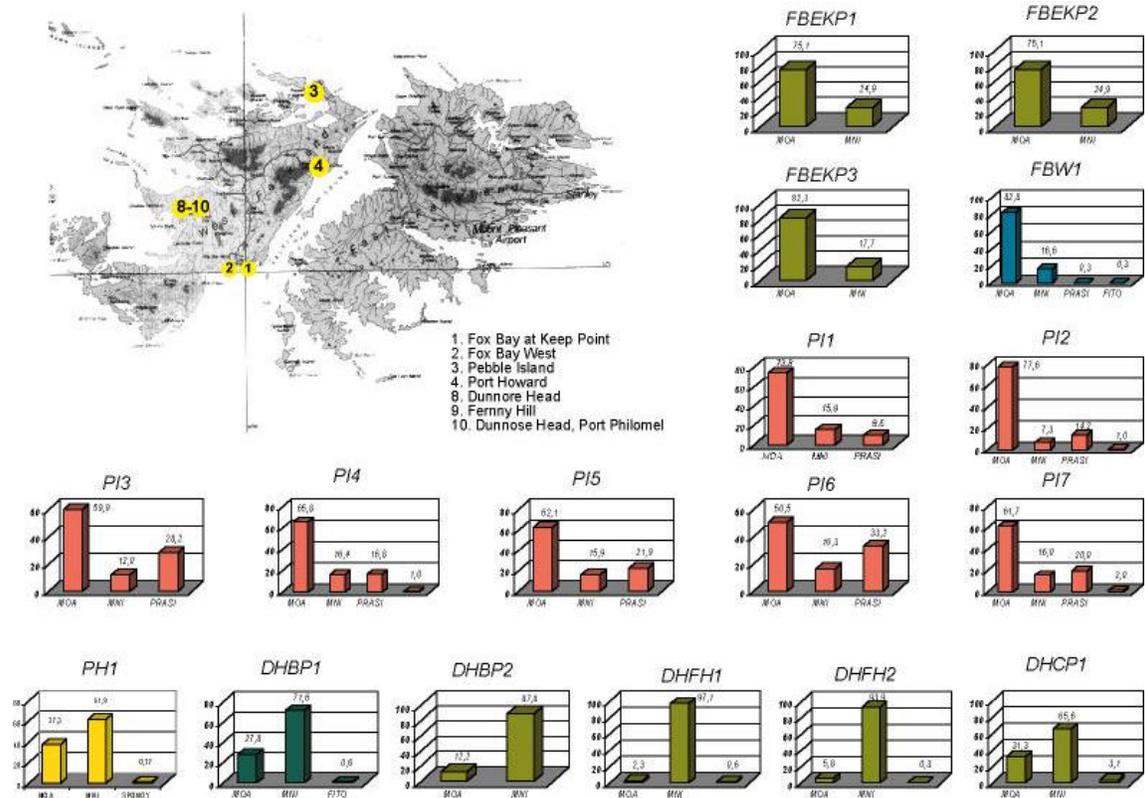


Figura 10b - Média de abundância dos componentes orgânicos por localidades registradas no lado ocidental das Ilhas Falkland.

4.2 Carbono Orgânico Total (COT)

Os valores de COT variam de 0,25 a 5,11 (amostra DHFH2), e a media geral é de 1,0. Também os valores do COT registram uma diferença entre o lado ocidental e lado ocidental das Ilhas Falkland (Figura 11).

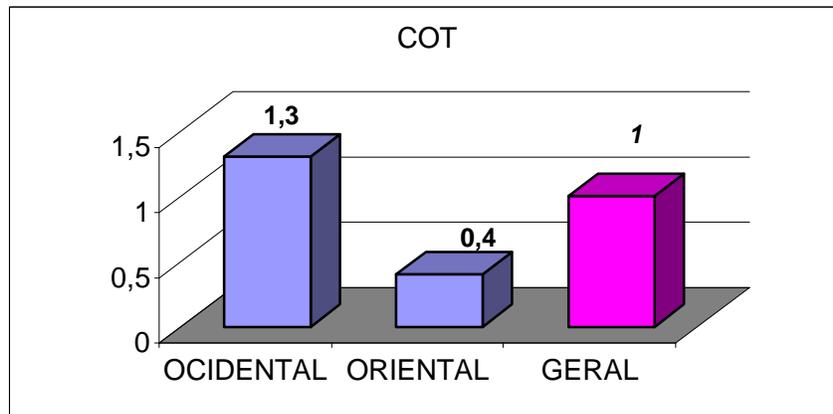


Figura 11 - Média geral dos valores de COT e comparação entre o lado oriental e ocidental das Ilhas Falkland.

4.3 Índice de Coloração de Esporos

Conforme mencionado anteriormente, a matéria orgânica apresenta-se relativamente bem carbonizada. Essa carbonização também é indicada pelos altos valores de ICE. O ICE varia de 4,0 a 10,0, sendo sua média 6,9. Esses valores denotam uma alta maturação térmica da matéria orgânica. Também existe uma diferença entre o lado oriental e ocidental. O lado oriental apresenta uma média de 8,7 e o lado ocidental 5,4 (Figura 12).

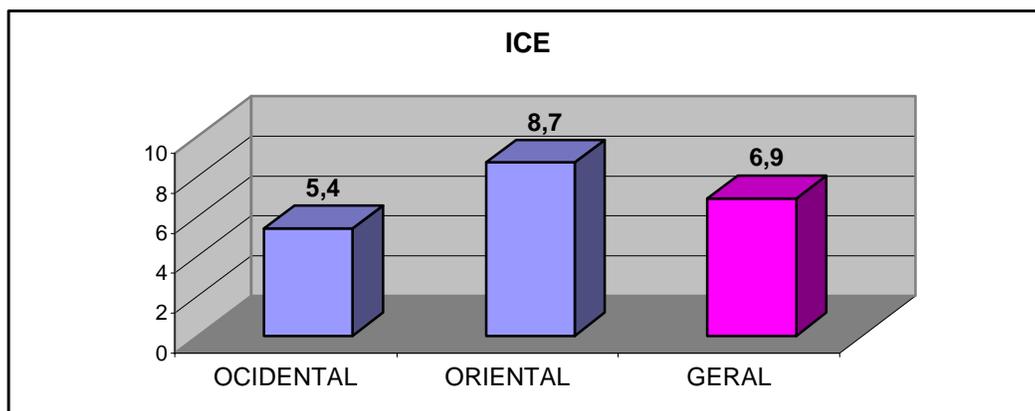


Figura 12 - Média geral dos valores de ICE e comparação entre o lado oriental e ocidental das Ilhas Falkland.

Agrupamento Modo Q

A análise de agrupamento (Modo Q), baseado na abundância e composição do querogênio, revelou 3 agrupamentos principais, nomeados respectivamente de 1, 2 e 3 (Figura13).

O Agrupamento 1 é constituído exclusivamente de amostras da parte ocidental. Nos agrupamentos 2 e 3 são registradas tanto amostras da parte ocidental e oriental (Figura13).

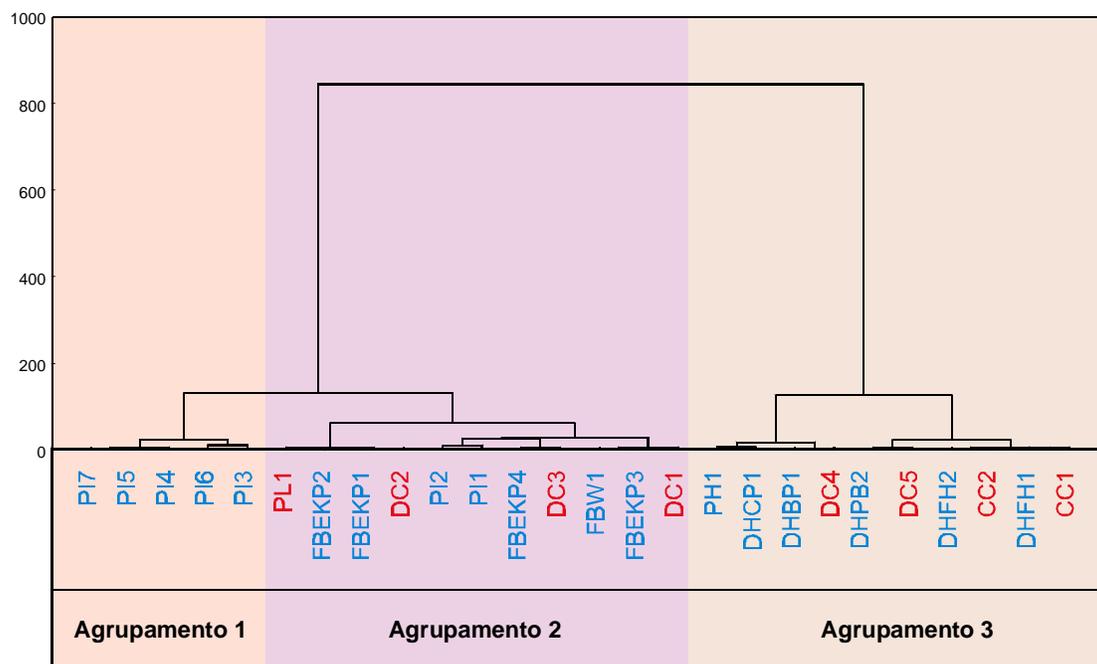


Figura 13 - Dendrograma (Modo-Q) das amostras estudadas.

Agrupamento 1 – Nesse agrupamento foram registradas cinco amostras oriundas do lado ocidental. O resultado mais significativo dessas amostras é a abundância das prasinófitas como mostrado na figura 14.

Amostra	MOA	MNI	Prasinófitas	Fitoclasto	Acritarca
PI3	59,9	12,0	28,2	0,0	0,0
PI4	65,8	16,4	16,8	1,0	0,0
PI5	62,1	15,9	21,9	0,0	0,0
PI6	50,5	16,3	33,2	0,0	0,0
PI7	61,7	16,0	20,0	2,0	0,3
Média do agrupamento	60,0	15,3	24,0	0,6	0,1
Média Geral	51,6	41,5	6,6	0,3	0,04

Figura 14 – Média percentual dos grupos de querogênio no Agrupamento 1.

Agrupamento 2 – Nesse agrupamento foram registrados tanto da parte ocidental (sete amostras) como da parte oriental (quatro amostras). O resultado mais significativo dessas amostras é a abundância da MOA como mostrado na figura 15.

Amostra	MOA	MNI	Prasinófitas	Fitoclasto	Acritarca
FBEKP1	75,1	24,9	0,0	0,0	0,0
FBEKP2	75,1	24,9	0,0	0,0	0,0
PI1	73,8	15,9	9,6	0,0	0,7
PI2	77,6	7,3	14,2	1,0	0,0
FBEKP3	82,3	17,7	0,0	0,0	0,0
FBEKP4	89,2	2,2	8,3	0,3	0,0
FBW1	82,8	16,6	0,3	0,3	0,0
PL1	70,7	27,3	1,6	0,3	0,00
DC1	85,7	14,0	0,3	0,0	0,00
DC2	74,0	25,6	0,3	0,0	0,00
DC3	90,6	6,5	2,9	0,0	0,00
Média do agrupamento	79,7	16,5	3,5	0,2	0,1
Média Geral	51,6	41,5	6,6	0,3	0,04

Figura 15 – Média percentual dos grupos de querogênio no Agrupamento 2.

Agrupamento 3 – Nesse agrupamento foram registrados tanto da parte ocidental (seis amostras) como da parte oriental (quatro amostras). O resultado mais significativo dessas amostras é a abundância da MNI como mostrado na figura 16.

Amostra	MOA	MNI	Prasinófitas	Fitoclasto	Spongiophyton
CC1	2,6	92,7	4,5	0,3	0,0
CC2	6,3	92,7	0,9	0,0	0,0
DC4	26,5	72,8	0,3	0,3	0,0
DC5	11,8	83,6	4,3	0,3	0,0
DHBP1	27,8	71,6	0,0	0,6	0,0
DHBP2	12,2	87,8	0,0	0,0	0,0
DHCP1	31,3	65,6	3,1	0,0	0,0
DHFH1	2,3	97,1	0,6	0,0	0,0
DHFH2	5,8	93,9	0,3	0,0	0,0
PH1	37,3	61,9	0,0	0,0	0,8
Média do agrupamento	16,4	82,0	1,4	0,2	0,1
Média Geral	51,6	41,5	6,6	0,3	0,03

Figura 16 – Média percentual dos grupos de querogênio no Agrupamento 3.

5 - DISCUSSÃO

O aspecto mais importante observado nos resultados das análises de palinofácies foi à diferença de abundância e composição entre o lado oriental e ocidental das Ilhas Falkland. Outro ponto de deve ser destacado é o alto grau de carbonização do querogênio em quase todas amostras analisadas.

Quanto ao grau de carbonização observado tanto visualmente como também pelo ICE, citados anteriormente, nos leva a sugerir uma influência termal significativa na área estudada. Hyam *et al* (2000) utilizando resultados de vitrinita sugere que a influência térmica causou a carbonização do querogênio, como resultado da ativação da falha Hornby Mountain que também causou o soerguimento do relevo e conseqüentemente um maior soterramento da parte oriental em relação a ocidental das Ilhas Falkland. No lado oriental a média dos valores de vitrinita é de 3,6% Rv e no lado ocidental de 1,7% Rv, indicando que no lado oriental o soterramento foi maior e conseqüentemente sugere um ambiente mais profundo.

Os resultados encontrados nesse estudo corroboram essa idéia. A menor diversidade de componentes e maior abundância de MNI do lado oriental seria conseqüência de uma maior maturidade térmica devido a um maior soterramento. Em contra partida, no lado ocidental observa-se uma maior diversidade de componentes, e a MNI, embora significativa, não é o querogênio mais abundante. De fato, uma média de valores da vitrinita de 1,7% Rv do lado ocidental seja considerada muito alta (Figura 17), também em conseqüência de soterramento comparado com o lado oriental, o que deve ter influenciado também na alta carbonização dos componentes orgânicos.

Geração de Hidrocarboneto	Valores de Vitrinita (%)
Imaturo	0,2 – 0,50
Início da geração de óleo	0,50 – 0,65
Pico de geração de óleo	0,65 – 1,00
Geração de gás úmido – gás seco	1,00 – 3,00
Supermaturo	3,00 - > 4,50

Figura 17– Correlação de valores de vitrinita com maturidade de rocha (Bertrand *et al.*, 1993).

Com relação ao COT observa-se uma maior média no lado ocidental. Esses maiores valores podem estar refletindo um carbono residual que resultou de uma elevada quantidade matéria orgânica depositada no lado ocidental das Ilhas Falkland. De fato, em Falkland Ocidental onde se observa maior abundância e diversidade de querogênio.

A influência da ativação da falha Hornby Mountain influenciou na maturação térmica em ambos lados das Ilhas Falkland. Essa influência generalizada, mesmo que mais evidente do lado oriental, reflete diretamente nos agrupamentos 2 e 3, onde podemos observar que tanto amostras do lado ocidental como oriental constituem esses dois agrupamentos. De fato, era esperado que amostras de um mesmo lado oriental formasse um grupo e amostras do lado ocidental outro grupo. Em primeiro momento o que poderia explicar a mistura de amostras dos lados ocidental e oriental em um mesmo agrupamento seria uma influência térmica generalizada e decorrência da falha. Uma outra hipótese que pode ser levantada é a presença de diques de diabásio pós-deposição da Formação Fox Bay, que levaria a carbonização local de algumas amostras.

Mesmo ocorrendo uma mistura de amostra nos agrupamentos 2 e 3, podemos observar que as amostras do lado oriental sofreu uma maior carbonização indicada pela a abundância de MNI (Figura 18 e 19).

Amostra	MOA	MNI	Prasinófitas	Fitoclasto	Spongiophyton
Oriental					
PL1	70,7	27,3	1,6	0,3	0,00
DC1	85,7	14,0	0,3	0,0	0,00
DC2	74,0	25,6	0,3	0,0	0,00
DC3	90,6	6,5	2,9	0,0	0,00
Média	80,3	18,3	1,3	0,1	0,0
Ocidental					
FBEKP1	75,1	24,9	0,0	0,0	0,00
FBEKP2	75,1	24,9	0,0	0,0	0,00
PI1	73,8	15,9	9,6	0,0	0,00
PI2	77,6	7,3	14,2	1,0	0,00
FBEKP3	82,3	17,7	0,0	0,0	0,00
FBEKP4	89,2	2,2	8,3	0,3	0,00
FBW1	82,8	16,6	0,3	0,3	0,00
Média	79,4	15,6	4,6	0,2	0,0

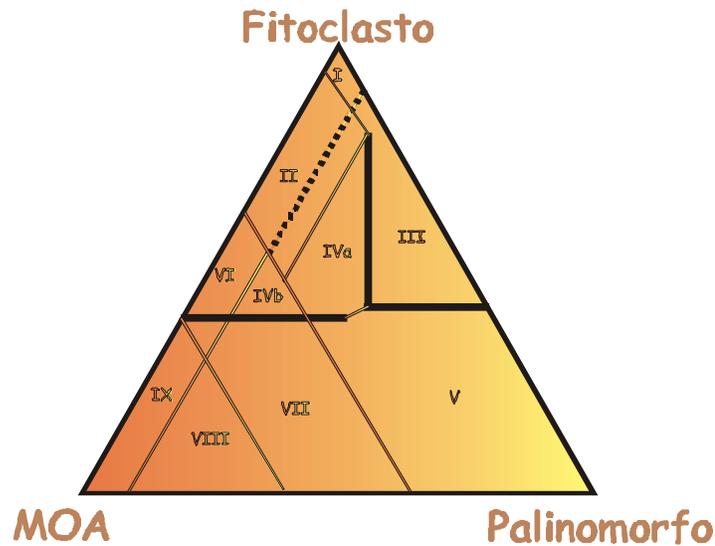
Figura 18 - Comparação percentual do querogênio do Agrupamento 2 entre o lado ocidental e oriental evidenciando a média da MNI.

Amostra	MOA	MNI	Prasinófitas	Fitoclasto	Spongiophyton
Oriental					
CC1	2,6	92,7	4,5	0,3	0,0
CC2	6,3	92,7	0,9	0,0	0,0
DC4	26,5	72,8	0,3	0,3	0,0
DC5	11,8	83,6	4,3	0,3	0,0
Média	11,8	85,5	2,5	0,2	0,0
Ocidental					
DHBP1	27,8	71,6	0,0	0,6	0,0
DHBP2	12,2	87,8	0,0	0,0	0,0
DHCP1	31,3	65,6	3,1	0,0	0,0
DHFH1	2,3	97,1	0,6	0,0	0,0
DHFH2	5,8	93,9	0,3	0,0	0,0
PH1	37,3	61,9	0,0	0,0	0,8
Média	19,4	79,6	0,7	0,1	0,1
Média Geral	16,4	82,0	1,4	0,2	0,1

Figura 19 - Comparação percentual do querogênio do Agrupamento 2 entre o lado ocidental e oriental evidenciando a média da MNI.

5.1 Interpretação Paleoambiental

A interpretação paleoambiental é sugerida baseado em diagramas ternários (cf. Tyson, 1993, 1995) (Figura 20).



Campos de palinofácies representado no diagrama ternário	Principais características da matéria orgânica
Campo I – bacia ou plataforma altamente proximal	Alto suprimento de fitoclasto dilui todos os outros componentes
Campo II – bacia marginal desóxica-anóxica	MOA diluída pelo alto suprimento de fitoclastos, mas com moderada e boa preservação de MOA. Quantidade de COT marinho depende do estado redox da bacia.
Campo III – Plataforma óxica heterolítica (plataforma proximal)	Geralmente baixa taxa de preservação de MOA, abundância absoluta de fitoclastos depende da proximidade da fonte flúvio-deltáicas
Campo IV – Transição plataforma-bacia	Transição da plataforma para a bacia (por exemplo, aumento da subsidência/profundidade de lâmina d'água) ou espaço (por exemplo: talude); abundância absoluta de fitoclastos depende da proximidade da fonte e do grau de deposição. quantidade de COT marinho depende do estado redox da bacia. IVa: desóxica. IVb: subóxica-anóxica.
Campo V – Plataforma óxica dominado por lama (plataforma distal)	Baixa a moderada MOA (normalmente degradada). Palinomorfos abundantes. Margas de coloração clara bioturbadas normalmente são comuns.
Campo VI – Plataforma proximal subóxica-anóxica	Boa taxa de preservação de MOA (condições redutoras na bacia). Conteúdo absoluto de fitoclastos deve ser moderado a alto devido ao aporte de turbiditos e/ou proximidade da fonte.
Campo VII – “Plataforma” distal desóxica-anóxica	Moderada a boa taxa de preservação de MOA, baixo a moderado conteúdo de palinomorfos. Lamitos escuros bioturbados são comuns.
Campo VIII – Plataforma distal desóxica-anóxica	MOA dominante, excelente taxa de preservação de MOA. Baixo a moderado conteúdo de palinomorfos. Folhelhos ricos em matéria orgânica são depositados sob condições

	de coluna d'água estratificada.
Campo IX – Bacia proximal subóxica-anóxica	MOA dominante. Baixo conteúdo de palinórfos. Frequentemente rico em alginatas. Depósitos de águas profundas ou depósitos de condições de coluna d'água estratificada ou sedimentos de bacia profunda.

Figura 20 – Ilustração esquemática do diagrama ternário e chave para campos de palinofácies usando o diagrama ternário (modificado de Tyson, 1993).

Tyson (1995) sugere o mínimo de dez componentes do querogênio para realizar uma interpretação paleoambiental satisfatória. Embora somente seis elementos do querogênio tenham sido identificados (MOA, MNI, fitoclasto, *Spongiophyton*, acritarcas e prasinófitas) no presente estudo, quando observamos os diagramas ternários construídos com base no percentual dos três grandes grupos (MOA, fitoclasto e palinomorfo) podemos sugerir, no geral, um ambiente marinho nerítico médio a profundo indicado principalmente pela presença significativa de prasinófitas e MOA. De acordo com o diagrama ternário proposto por Tyson (1993) as amostras concentram-se nos campos VIII e IX que corresponde à plataforma distal desóxica-anóxica e bacia proximal subóxica-anóxica, respectivamente (Figura 21). Essa interpretação coincide com aquela encontrada por Cunha (2003) para Formação Ponta Grossa (Devoniano) também baseado no querogênio. De fato esses resultados quando observados utilizando as tendências de distribuição do querogênio (ver Figura 6), sugerem que pela maior abundância de MOA do total do querogênio, o ambiente de sedimentação também se enquadraria em plataforma subóxica-anóxica.

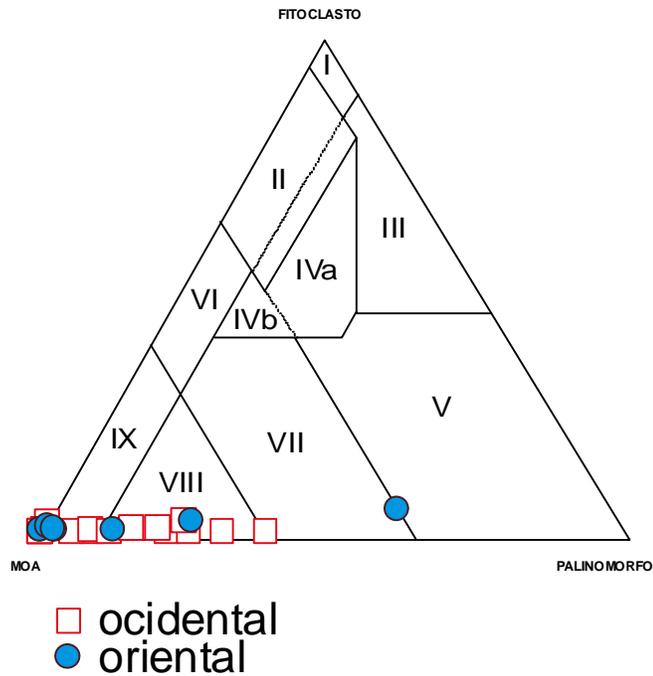


Figura 21 - Diagrama ternário de todas amostras estudadas (Tyson, 1993).

Comparando o lado ocidental com oriental baseado nos diagramas ternários, podemos observar que não existe uma diferença muito grande (Figura 22). Apenas a amostra CC1, com presença significativa de prasinófitas, é registrada no campo VII que corresponde a “plataforma” distal desóxico-anóxico.

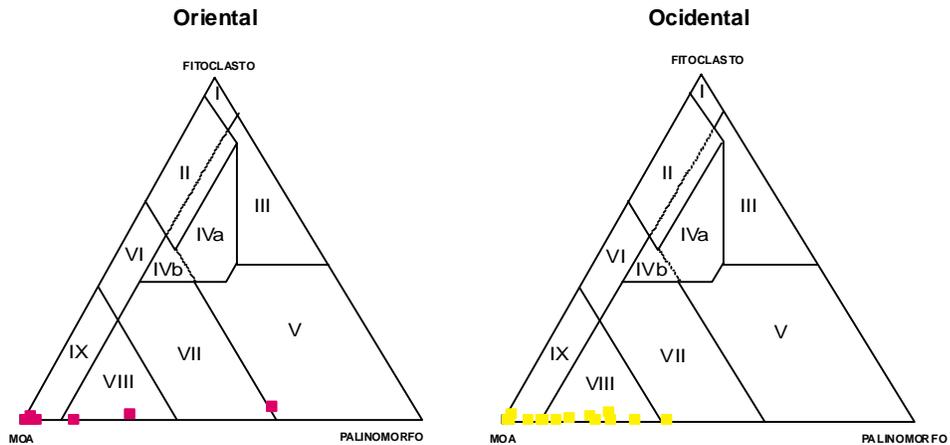


Figura 22 - Comparação entre os diagramas ternários de amostras do lado ocidental e oriental.

6 - CONCLUSÃO

- Foram identificados 6 (seis) tipos de componentes orgânicos, que são MOA, MNI, acritarca, fitoclasto, prasinófito e *Spongiophyton*, no entanto a matéria orgânica encontra-se carbonizada. O fato dos componentes orgânicos estarem carbonizados não nos permite aprimorar os estudos sobre eles e também a maior caracterização dos grupos.
- Foram também identificado 2 (dois) tipos de ambiente de sedimentação baseado nos seis tipos de componentes orgânicos identificados: 1) plataforma distal desóxica-anóxica, indicado principalmente pela presença significativa de prasinófitos e MOA; e 2) bacia proximal subóxica-anóxica.
- Pode-se observar que as amostras do lado oriental sofreram uma maior carbonização indicada pela abundância de matéria orgânica não identificada (MNI). A tectônica é muito ativa e se fizermos a comparação com o ICE e o valor da vitrinite verifica que o gradiente geotérmico foi muito para o alto grau de carbonização das amostras.
- Com base na composição e na distribuição do querogênio pode-se observar uma diferenciação entre os lados Ocidental e Oriental das Ilhas Falkland corroborando estudos anteriores. Observa-se do lado Ocidental uma maior preservação da matéria orgânica em geral, ao contrário do lado Oriental onde as amostras então mais carbonizadas. Tal carbonização é uma carbonificação que ocorreu por conta do soterramento e também pelo efeito térmico.

7 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALDISS, D. T. & EDWARDS, E. J. 1999. The Geology of the Falkland Islands. *British Geological Survey Technical Report WC/99/10*, 135pp.

BERTRAND, R., 1993, Standardization of solid bitumen reflectance to vitrinite in some Paleozoic sequences of Canada, *in* F. Goodarzi and R.W. Macqueen, eds., Geochemistry and petrology of bitumen with respect to hydrocarbon generation and mineralization: *Energy Sources* **15**, p. 269-287.

BARBAD, P. C.; COLLINS, A. G.; COOPER, B. S. 1981. Identification and distribution of kerogen Facies in a source rock horizon. Examples from the North Sea Basin. *In*: Brooks, J, (Ed.) Organic Maturation Studies and Fossil Fuel Exploration. Academic Press, London, p.271-82.

BORDENAVE, M. L. & ESPITALIÉ, J. 1993. Elemental composition of kerogens, *In*: BORDENAVE, M.L. (eds) *Applied Petroleum Geochemistry*, Editions Technip, Paris, p. 334-9.

CARVALHO, M. A., 2001. *Paleoenvironmental reconstruction based on palynology and palynofacies analyses of upper Aptian–middle Albian succession from Sergipe Basin, northeastern Brazil*. Tese de Doutorado, Ruprecht-Karl Universität Heidelberg, Heidelberg, Alemanha, 160 pp., 6 estampas. [Não publicado].

COMBAZ, A., 1964. Les palynofacies. *Revue de Micropaléontologie* **7**, 205-218.

CORREIA, M. (1971). Diagenesis of Sporopollenin and other Comparable Organic Substances: Application to Hydrocarbons Research. *In*: BROOKS, J.; GRANT P. R.;MUIR, M. ; VAN GIJZEL, P. ; SHAW, G. (Eds), Sporopollenin, London: Academic Press, p. 569-620.

CORREIA, M. (1971). Diagenesis of Sporopollenin and other Comparable Organic Substances: Application to Hydrocarbons Research. *In: BROOKS, J.; GRANT P. R.; MUIR, M. ; VAN GIJZEL, P. ; SHAW, G. (Eds), Sporopollenin, London: Academic Press, p. 569-620.*

CUNHA, M. M., 2003, Estudo de Palinofácies e Fácies Orgânica Aplicada a Análise Paleoambiental em Rochas Sedimentares da Formação Ponta Grossa, Bacia do Paraná. Monografia de Campo IV, realizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CUNHA, P.R.E.; FRANÇA. A.B.; 1993. Estudo das taxas de sedimentação das Formações Terezinha, e Rio Bonito, da Bacia do Paraná. Rio Claro, I Simpósio sobre cronoestratigrafia da Bacia do Paraná resumo, p.83.

CURTIS, M. L. AND HYAM, D. M. 1998. Late Paleozoic to Mesozoic structural evolution of the Falkland Islands: a displaced segment of the Cape Fold Belt. *Journal of the Geological Society of London* **155**, 115-130.

DAVEY, R. J. & ROGERS, J. 1975. Palynomorph distribution in recent offshore sediments along two traverses off South West África. *Marine Geology*, v.18,

DEWIT, M. J. & RANSOME, I. D. 1992. Regional inversion tectonics along the Southern margin of Gondwana. *In: DE WIT & RANSOME (Eds), inversion tectonics of the Cape Fold Belt,*

DOWNIE, C. 1973. Observations on the nature acritarchs. *Palaeontology*, v. 16

DURAND, B. & MONIN, J. C. 1980. Elemental analysis of kerogens (C,H,O,N,S,Fe),
In: DURAND, B. (ed) Kerogen: Insoluble Organic Matter From Sedimentary Rocks,
Editions Technic, Paris, p. 113-42.

FENSONE, R.A.; WILLIAMS, G.L.; BARSS, M.S.; FREEMAN, J.M.; HILL, J.M., 1990.
Acritarchs and fossil prasinophytes: an index to genera, species and infraspecific
taxa. American Association of stratigraphic Palynologist, Contributions Series, 25.

FISHER, M.J.; HANCOCK, N.J. 1985. The Scalby Formation (Middle Jurassic,
Ravenscar Group) of Yorkshire: reassessment of age and depositional environment.
Proceedings of the Yorkshire Geological Society, v. 4.

GUTJAHR, C.C.M.(1966). Carbonization Measurements of Pollen Grains and Spores
and their application. Leidsc. Geol. Meded., v. 38, p 29.

HABIB, D., 1982. Sedimentary supply origin of Cretaceous black-shales. *In:*
Schlanger, S.O. & Cita, M. B. (eds.): *Nature and Origin of Cretaceous Carbon-rich
Facies*, 113-127. Academic Press, London.

HANCOCK, N.J.; FISHER, M.J. 1981. Middle Jurassic North Sea deltas with particular
reference to Yorkshire. *In: ILLING, L.V.; HOBSON, G.D. (eds) Petroleum Geology of
the Continental Shelf of North-West Europe*, Heyden, London, p. 95-186.

HYAM, D. M., MARSHALL, J. E. A., BULL, J. M., SANDERSON, D. J. 2000. The
structural boundary between East and West Falkland: new evidence for movement
history and lateral extent. *Marine and Petroleum Geology* **17**, 13-26.

HYAM, D. M., MARSHALL, J. E. A., SANDERSON, D. J. 1997. Carboniferous diamictite
dykes on the Falkland Islands. *Journal of African Earth Sciences* **26**, 505-517.

JACOBSON, S. R. 1991. Petroleum source rocks and organic facies, In: MERRIL, R.K. (de) Source and Migration Processes and Evaluation techniques, Treatise of Petroleum Geology, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, p. 3-11.

JARVIE, D.M. 1991. Total Organic Carbon (TOC) analysis, In: MERRIL, R.K. (de) Source and Migration Processes and Evaluation techniques, Treatise of Petroleum Geology, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, p. 113-118.

JARZEN, D.M.; NICHOLS, D.J., 1996. Palynology: principles and applications; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, v. 1, p. 261-291.

JONES, R.W. 1984. Comparison of carbonate shale source rocks, In: PALACAS, J.G (ed) Petroleum Geochemistry and Source Rock Potential of Carbonate Rocks, American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, v. 18, p. 80-163.

JONES, R.W. 1987. Organic Facies, In: BROOKS, J.; WELTE, D. (eds) Advances in Petroleum Geochemistry 2, Academic Press, London, p. 1-90.

JONES, R.W.; DEMAISON, G.J. 1982. Organic Facies – stratigraphic concepts and exploration tool, In: SALDIVAR-SALI, A. (ed) Proceedings of the Second ASCOPE Conference and Exhibition, Manilla, October 7-11, 1981, Asean Council on Petroleum, p. 51-68.

LITTKE, R. 1993. Deposition, Diagenesis and Wethering of organic matter-rich sediments. Lecture Notes in Earth Sciences, v. 47, p. 216.

MELO, J.H.G. 1985. A província Malvinoáfrica no Devoniano do Brasil – Estado atual de conhecimentos. Dissertação de Mestrado. IG-UFRJ., v. 1.

MENDONÇA FILHO, J.G., 1999. Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânica em rochas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MENDONÇA FILHO, J.G. & MENEZES, T.R. 2001. Organic Facies Investigation Applied to Palaeoenvironmental Trends of the Ponta Grossa Formation, Paraná Basin, Brazil.

MENDONÇA FILHO, J. G., 1999. *Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânicas em rochas do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, sul do Brasil*. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, 2 vols., 254 pp., 5 plates. [Unpublished].

MENDONÇA FILHO, J. G., CARVALHO, M. A. & MENEZES, T. R., 2002. Palinofácies. *In: Técnicas e Procedimentos para Trabalho com Fósseis*, Organizadora; Dutra, T. D. Ed. UNISINOS, p. 20-24.

MENEZES, T. R., 2002. *Aplicação de parâmetros palinofaciológicos e organogeoquímicos na reconstrução paleoambiental do Talude Continental Brasileiro Recente da Bacia de Campos – RJ*. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 173 pp., 3 estampas. [Não publicado].

MILANI, E. & SCHNEIDER, R.L. 1994. Bacia do Paraná. Boletim de Geociência da Petrobrás. Rio de Janeiro. 8(1): p. 69-82.

MULLER, J. 1959. Palynology of Recent Orinoco Delta and shelf sediments: reports of the Orinoco Shelf expedition; volume 5. Micropaleontology v. 5, p. 1-2.

OLIVEIRA, E.P. 1912. Terreno Devoniano do sul do Brasil. Anais da Escola de Minas, Ouro Preto, 14: 31-41.

PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. 1983. Geologia do Brasil. São Paulo. EDUSP, P. 631.

ROGERS, M.A. 1980. Application of organic facies concepts to hydrocarbon source rocks evaluation, In: Proceedings of the 10th World Petroleum Congress, Bucharest 1979, Heyden, London, v.2.

RONOV, A.B.1958. Organic Carbon in Sedimentary Rocks (in relation to the presence of petroleum). *Geochem.*, v. 5, p. 497-509.

SHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, R.A.; MEDEIROS, DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A, 1974, *Revisa Estratigráfica da Bacia do Paraná: Proceedings of the XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre*, v. 1, p. 41-65.

STAPLIN, F.L. 1969. Sedimentary organic matter, organic metamorphism and oil and gas occurrence. *Bulletin of Canadian Petroleum geology*, v.17.

TISSOT, B.P.; WELTE, D.H. 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*, 2nd edn, Springer-Verlag, Berlin, p.699.

TYSON, R. V. 1987. The genesis and palynofacies characteristics of marine petroleum source rocks, In: BROOKS, J.

TYSON, R. V. 1989. LATE Jurassic palynofacies Trends Piper and KimmmeridgeClau Formations, UK onshore and northern North Sea. *The British Micropalaeontological Society*. p.135 –172.

TYSON, R. V. 1993. *Palynofacies Analysis*. Kluwer Academic Publishers. P.153-91.

TYSON, R. V., 1993. Palynofacies analysis. *In: Jenkins, D.J. (ed.): Applied Micropalaeontology*, 153-191. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

TYSON, R. V., 1995. *Sedimentary Organic Matter: organic facies and palynofacies*. 615 pp. Chapman & Hall, London.

WALL. D. 1965. Microplankton, pollen and spores from the Lower Jurassic in Britain. *Micropalaeontology*, v.11.

WELTE, D.H. 1972. Petroleum Exploration and Organic geochemistry. *J. Geochem. Explor.* V. 1, p. 117-136.

WHITAKER, M.F.; GILES, M.R; CANNON, S.J.C. 1992. Palynostratigraphical review of the brent group, Uk Sector, North Sea. In: MORTON, A.C.; HASZELDINE, R.S.; GILES, M.R.; BROWN, S. Geology of the Brent GROUP, geological Society of London Special Publication. V. 61.

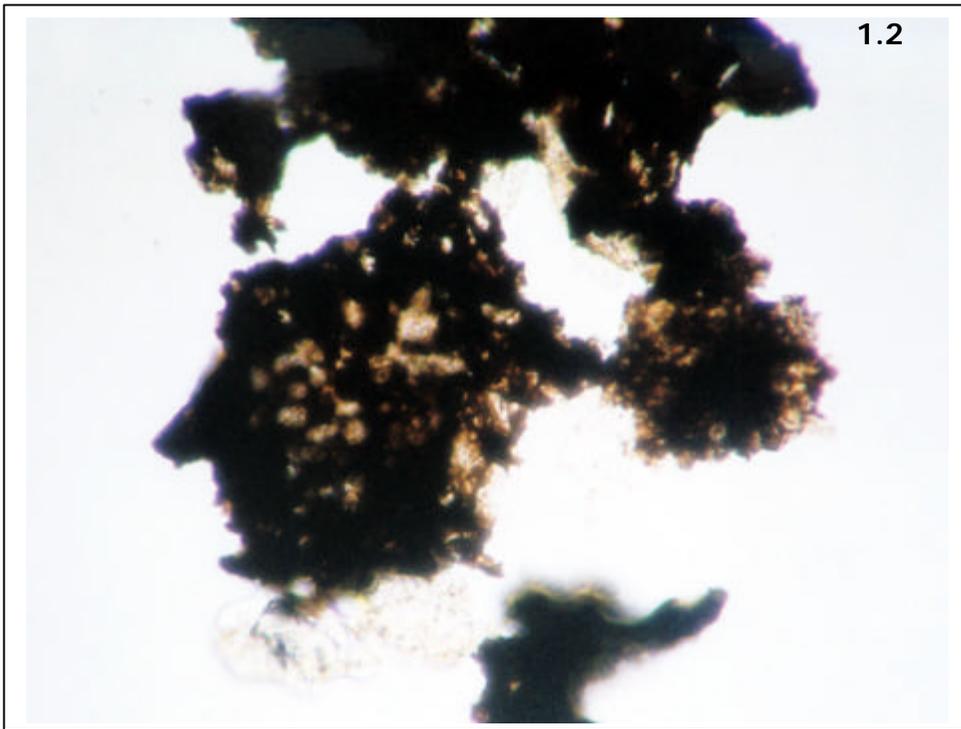
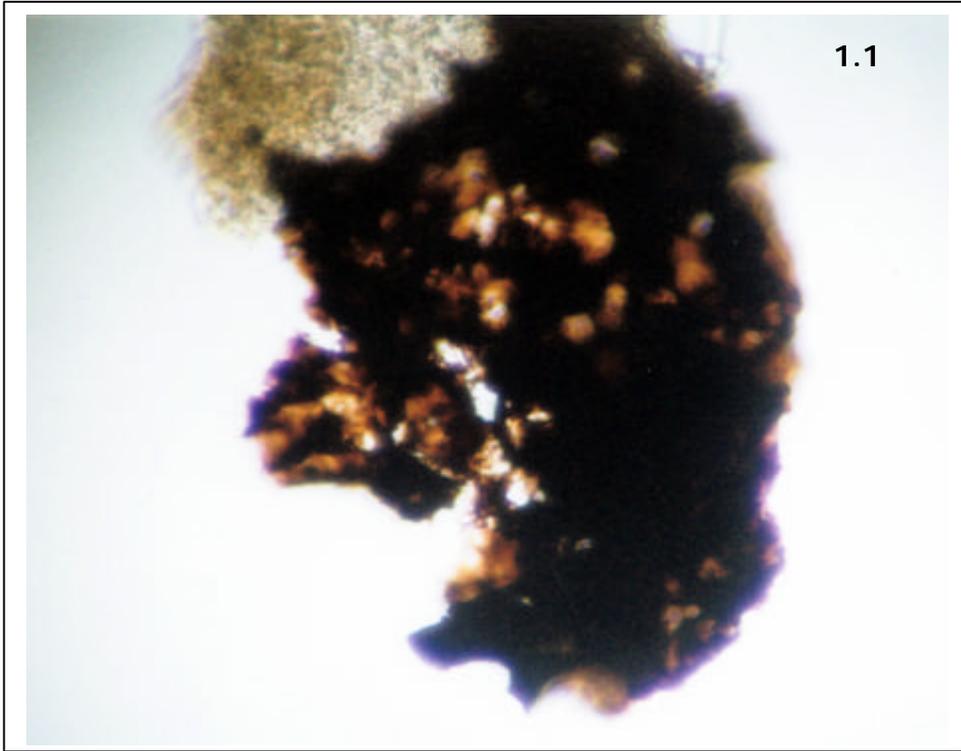
ANEXOS

ANEXO I

Amostra	MOA	MNI	Prasinófitas	Fitoclasto	<i>Spongiophyton</i>	Acritarcas	COT
CC1	2,6	92,7	4,5	0,3	0,0	0,0	0,51
CC2	6,3	92,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,49
DC1	85,7	14,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,36
DC2	74,0	25,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,25
DC3	90,6	6,5	2,9	0,0	0,0	0,0	0,40
DC4	26,5	72,8	0,3	0,3	0,0	0,0	0,33
DC5	11,8	83,6	4,3	0,3	0,0	0,0	0,35
DHBP1	27,8	71,6	0,0	0,6	0,0	0,0	4,70
DHBP2	12,2	87,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,86
DHCP1	31,3	65,6	3,1	0,0	0,0	0,0	1,10
DHFH1	2,3	97,1	0,6	0,0	0,0	0,0	1,32
DHFH2	5,8	93,9	0,3	0,0	0,0	0,0	5,11
FBEKP1	75,1	24,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,78
FBEKP2	75,1	24,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,64
FBEKP3	82,3	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,54
FBEKP4	89,2	2,2	8,3	0,3	0,0	0,0	1,03
FBW1	82,8	16,6	0,3	0,3	0,0	0,0	0,50
PH1	37,3	61,9	0,0	0,0	0,8	0,0	0,53
PI1	73,8	15,9	9,6	0,0	0,0	0,7	0,63
PI2	77,6	7,3	14,2	1,0	0,0	0,0	0,62
PI3	59,9	12,0	28,2	0,0	0,0	0,0	0,62
PI4	65,8	16,4	16,8	1,0	0,0	0,0	0,48
PI5	62,1	15,9	21,9	0,0	0,0	0,0	0,43
PI6	50,5	16,3	33,2	0,0	0,0	0,0	0,45
PI7	61,7	16,0	20,0	2,0	0,0	0,3	0,54
PL1	70,7	27,3	1,6	0,3	0,0	0,0	0,72
Média	51,57	41,51	6,61	0,25	0,03	0,04	1,01

Anexo 1. Percentual de cada querogênio e valores de Carbono Orgânico Total (COT) por amostra.

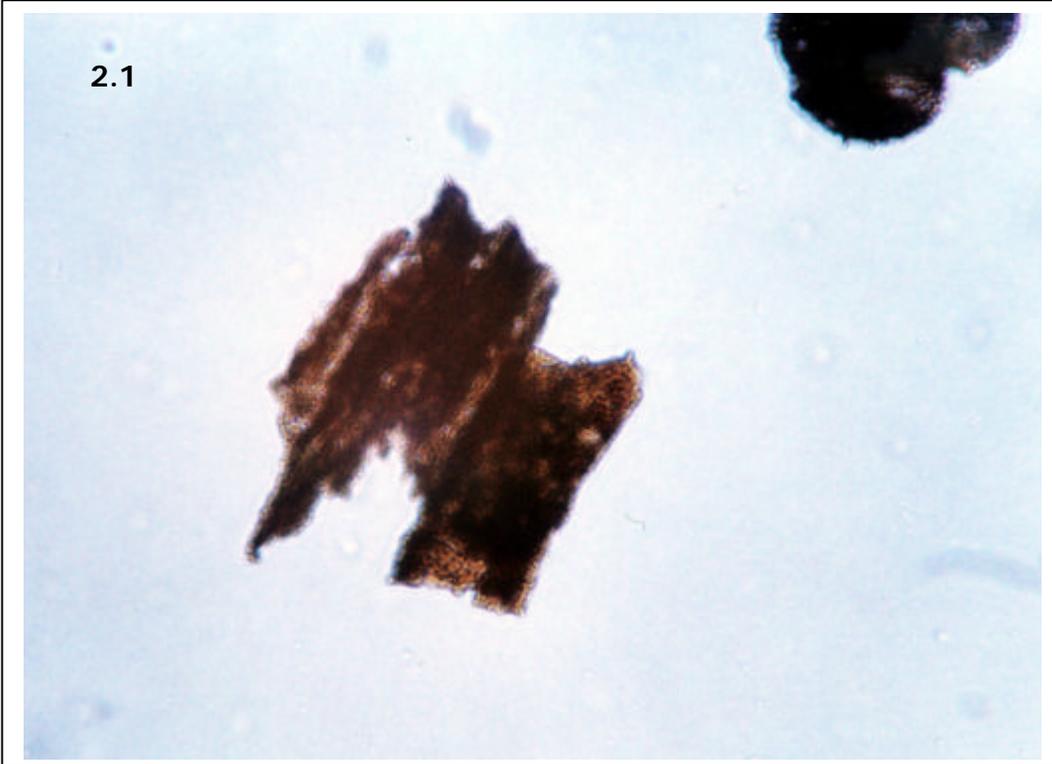
ANEXO II
ESTAMPAS



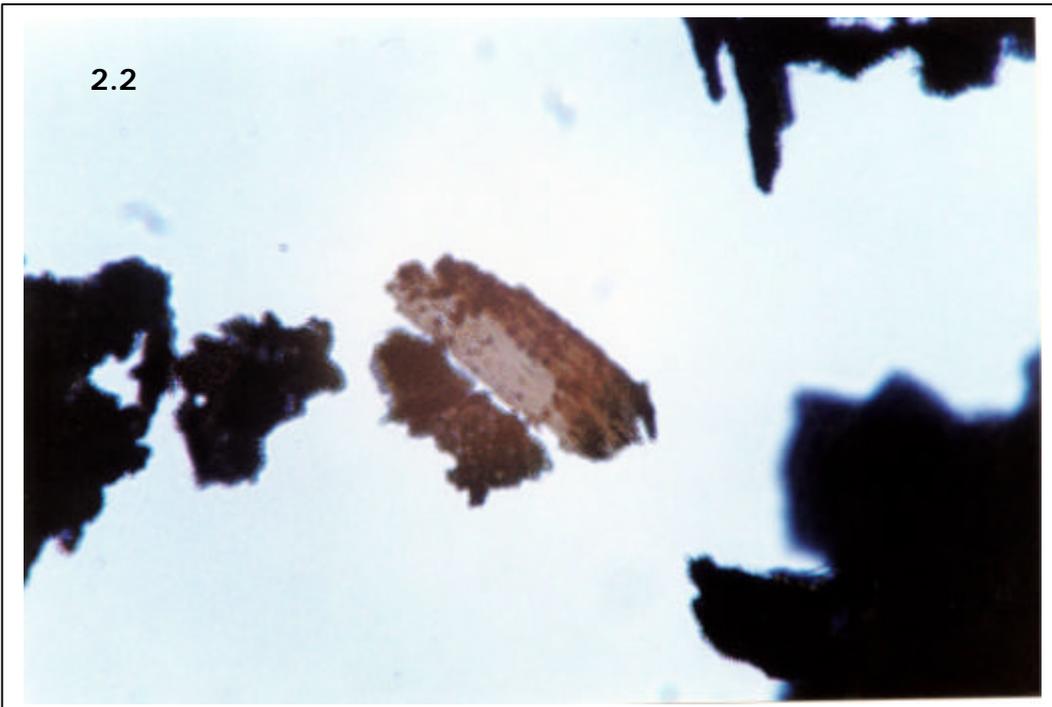
ESTAMPA 1

- 1.1 Matéria Orgânica Amorfa (MOA), luz branca transmitida, aumento de 40x.**
- 1.2 Matéria Orgânica Amorfa (MOA), luz branca transmitida, aumento de 40x.**

2.1



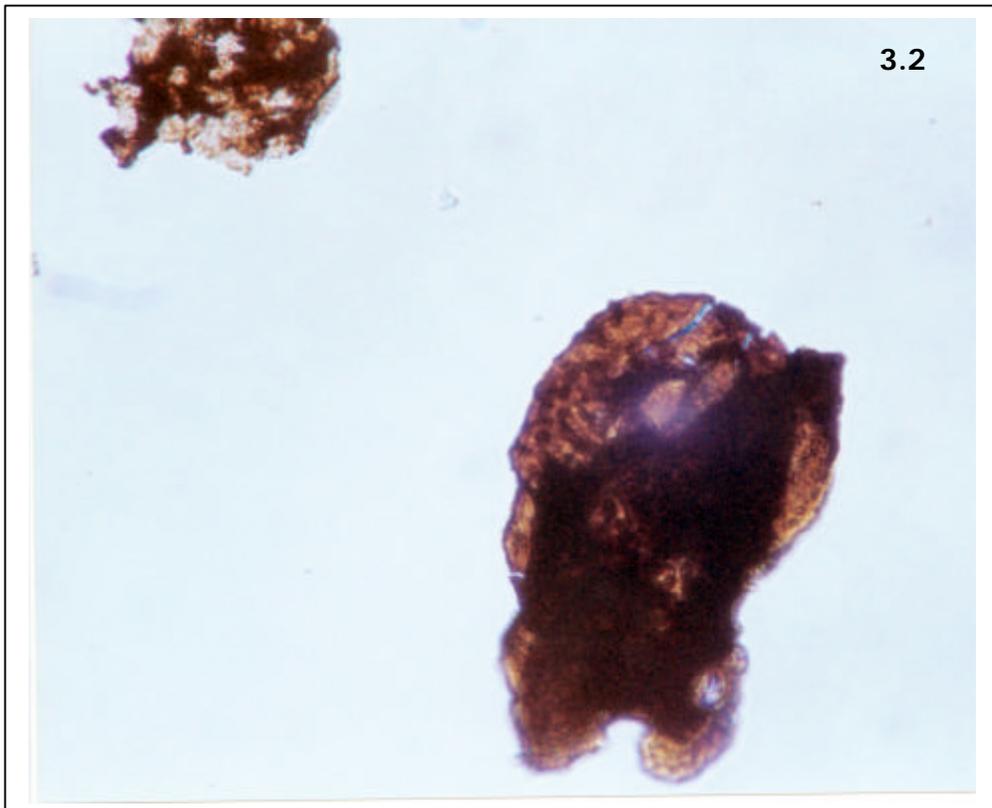
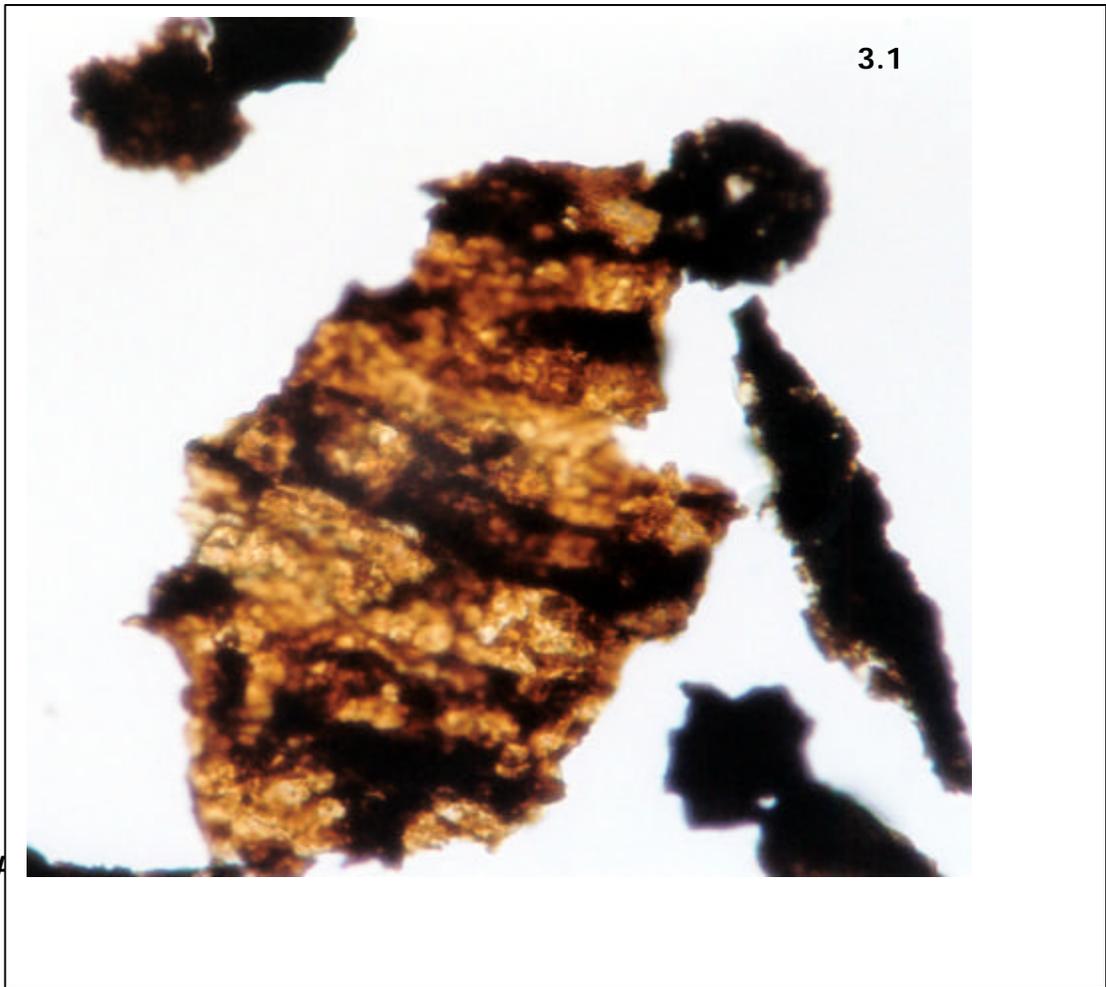
2.2



ESTAMPA 2

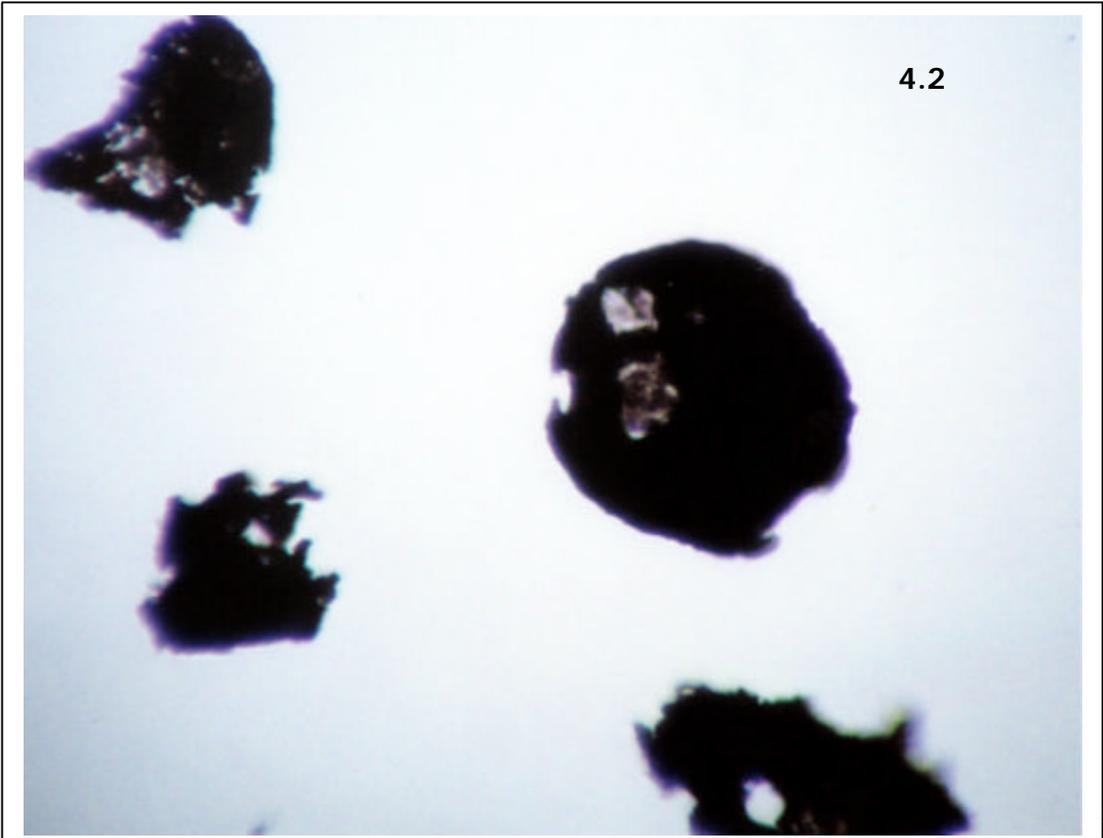
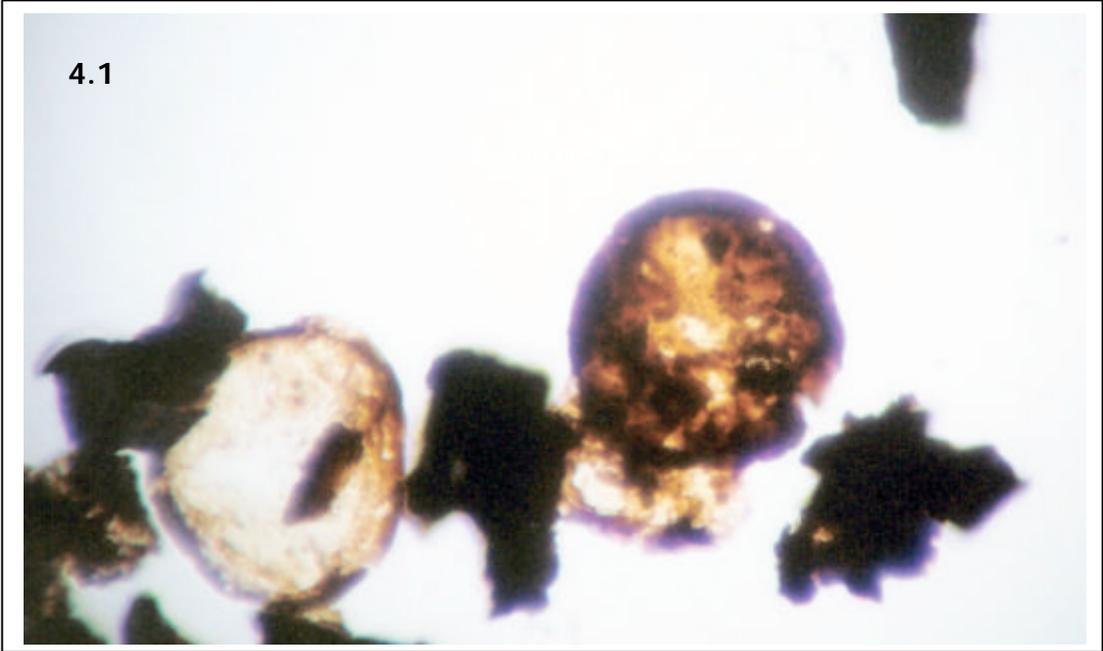
2.1 Fitoclasto, luz branca transmitida, aumento de 40x.

2.2 Fitoclasto, luz branca transmitida, aumento de 40x.



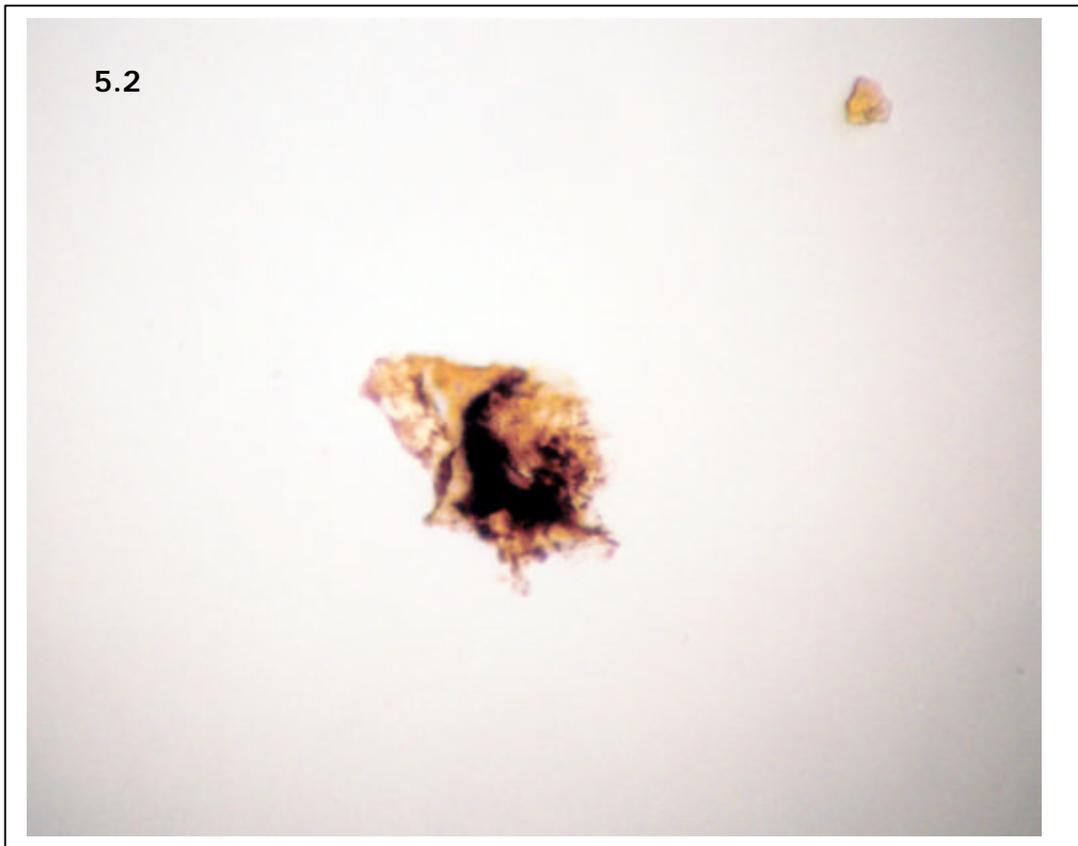
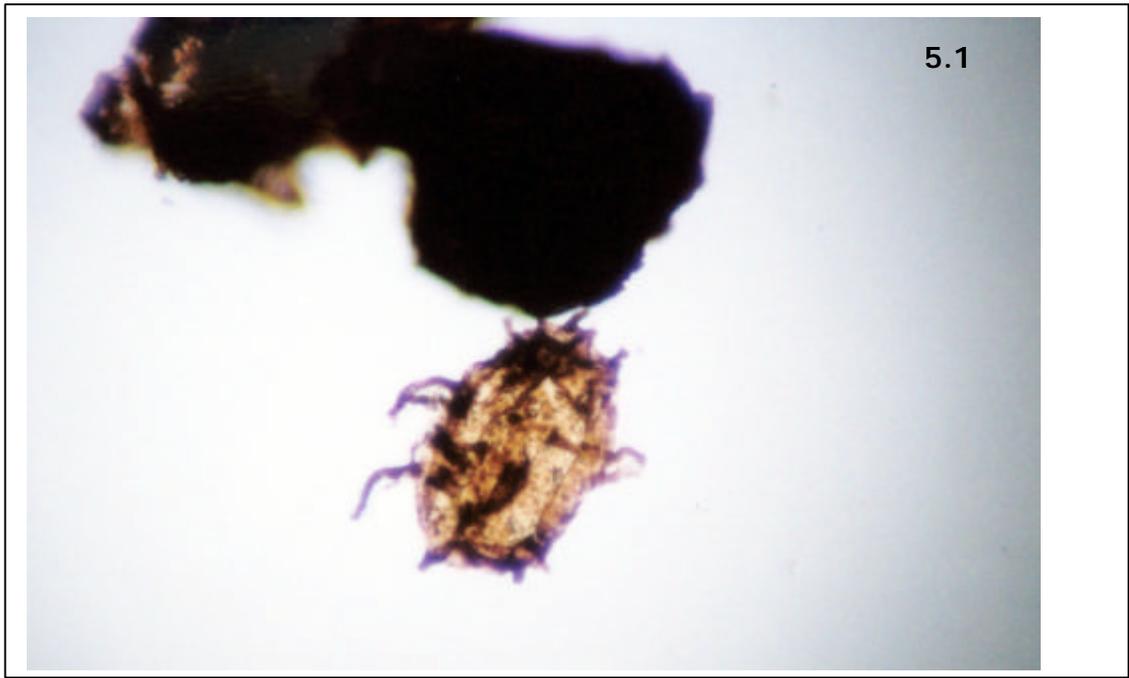
ESTAMPA 3

- 3.1 *Spongiophyton*, luz branca transmitida, aumento de 40x.
- 3.2 *Spongiophyton* (?), luz branca transmitida, aumento de 40x.



ESTAMPA 4

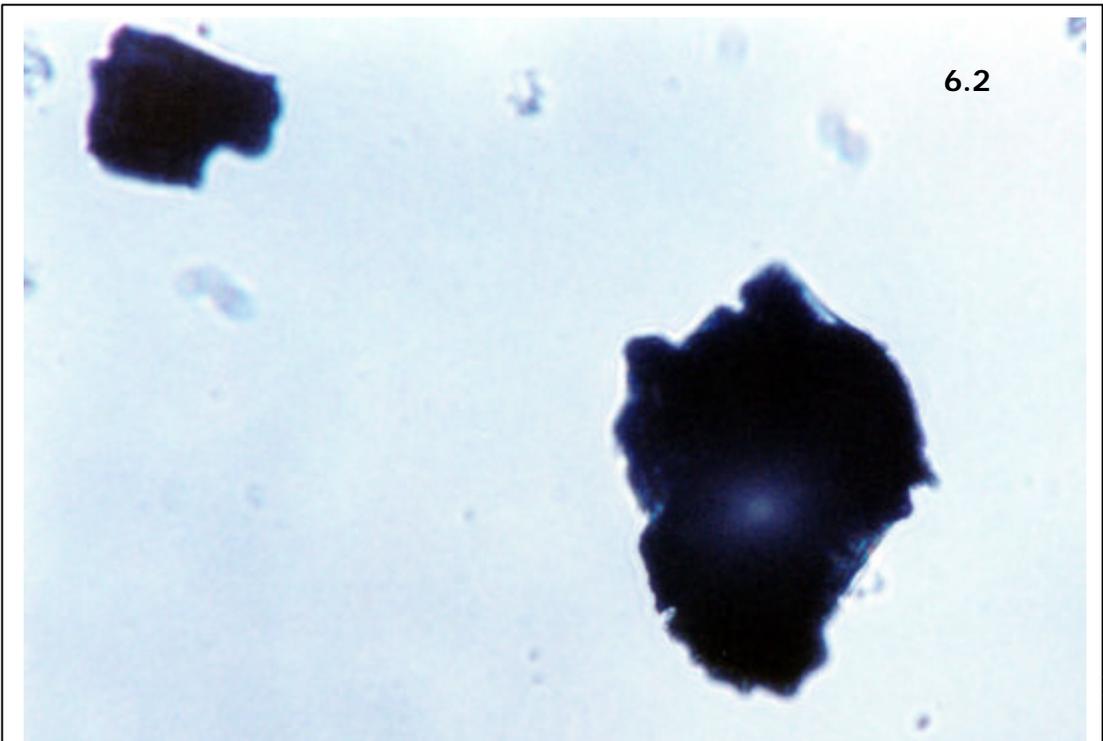
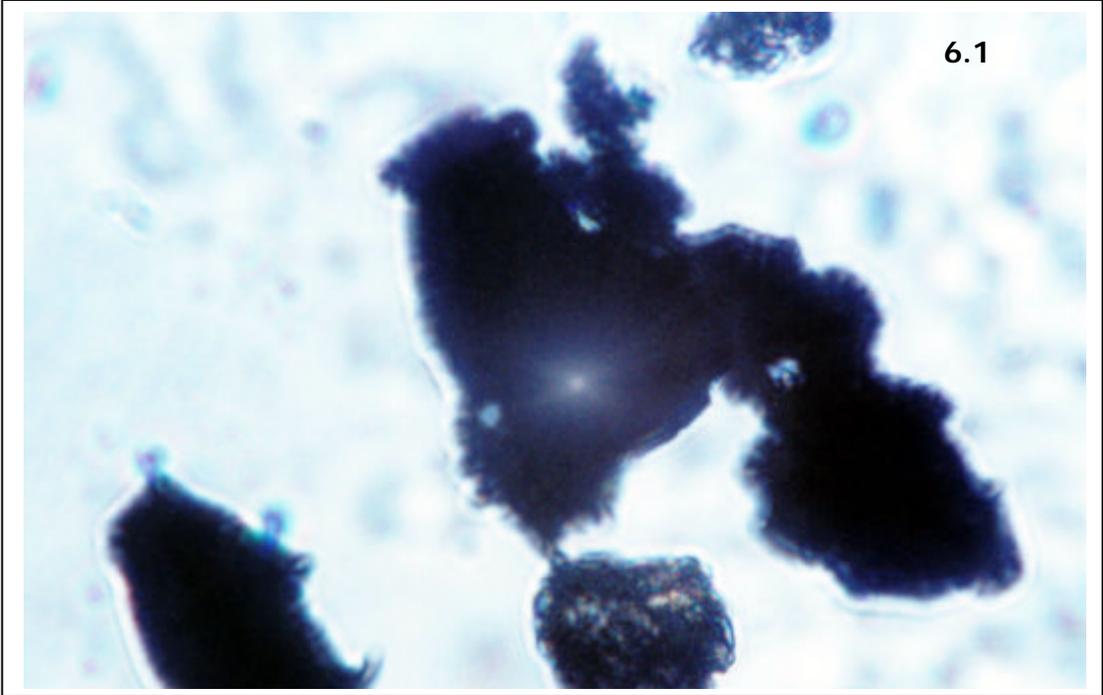
- 4.1 Prasinófitas, luz blanca transmitida, aumento de 40x.**
- 4.2 Prasinófitas carbonizadas, luz blanca transmitida, aumento de 40x.**



ESTAMPA 5

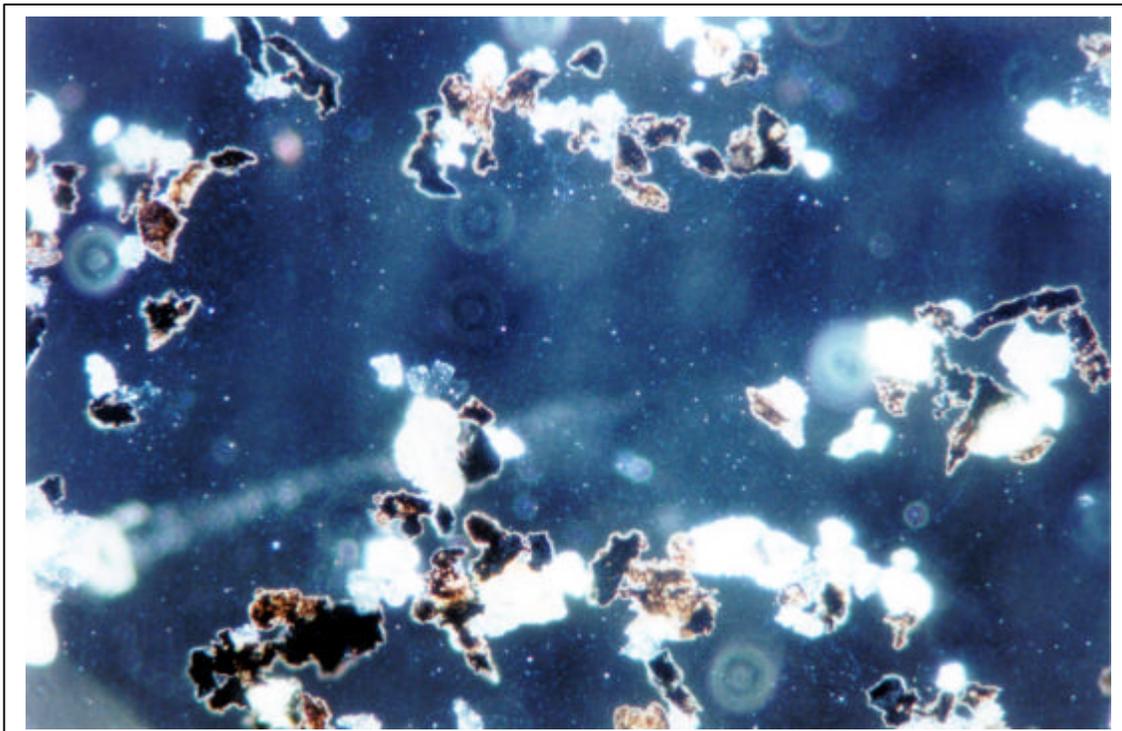
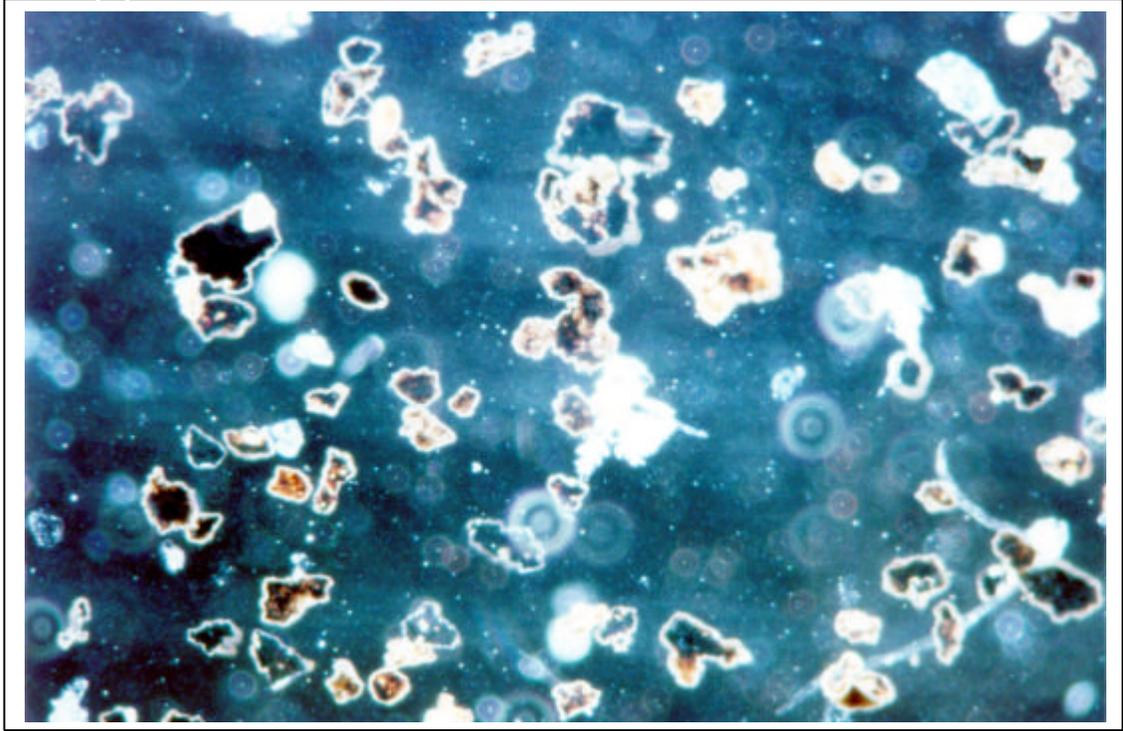
5.1 Acritarca, luz branca transmitida, aumento de 40x.

5.2 Acritarca, luz branca transmitida, aumento de 40x.



ESTAMPA 6

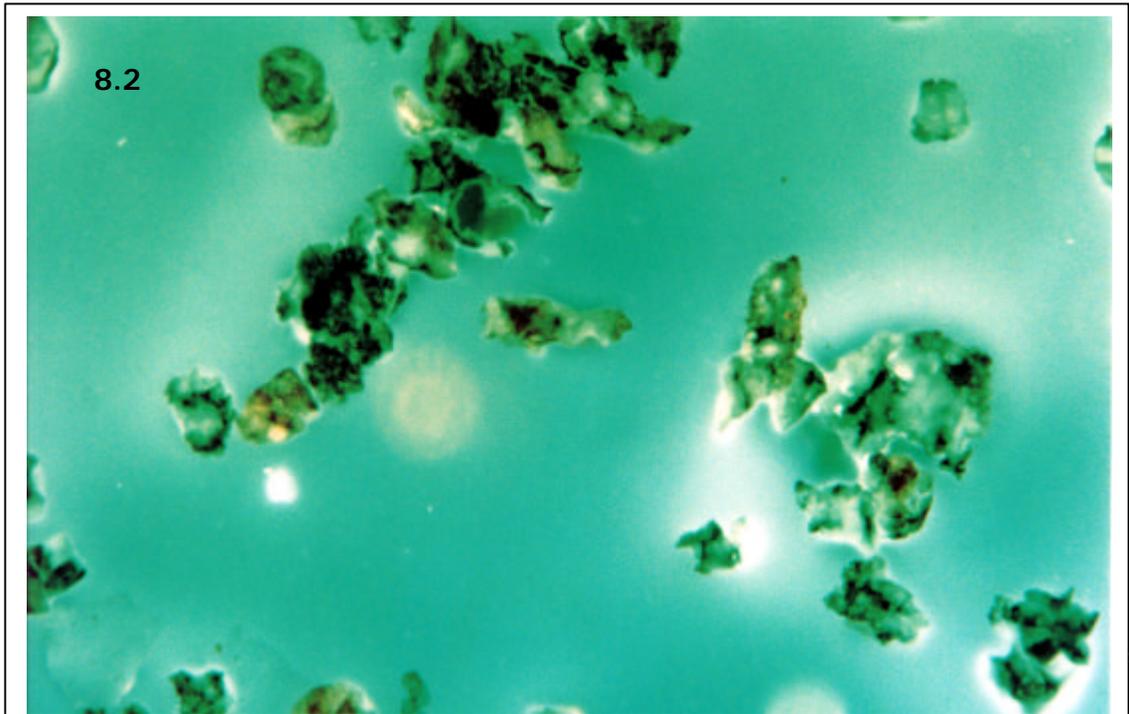
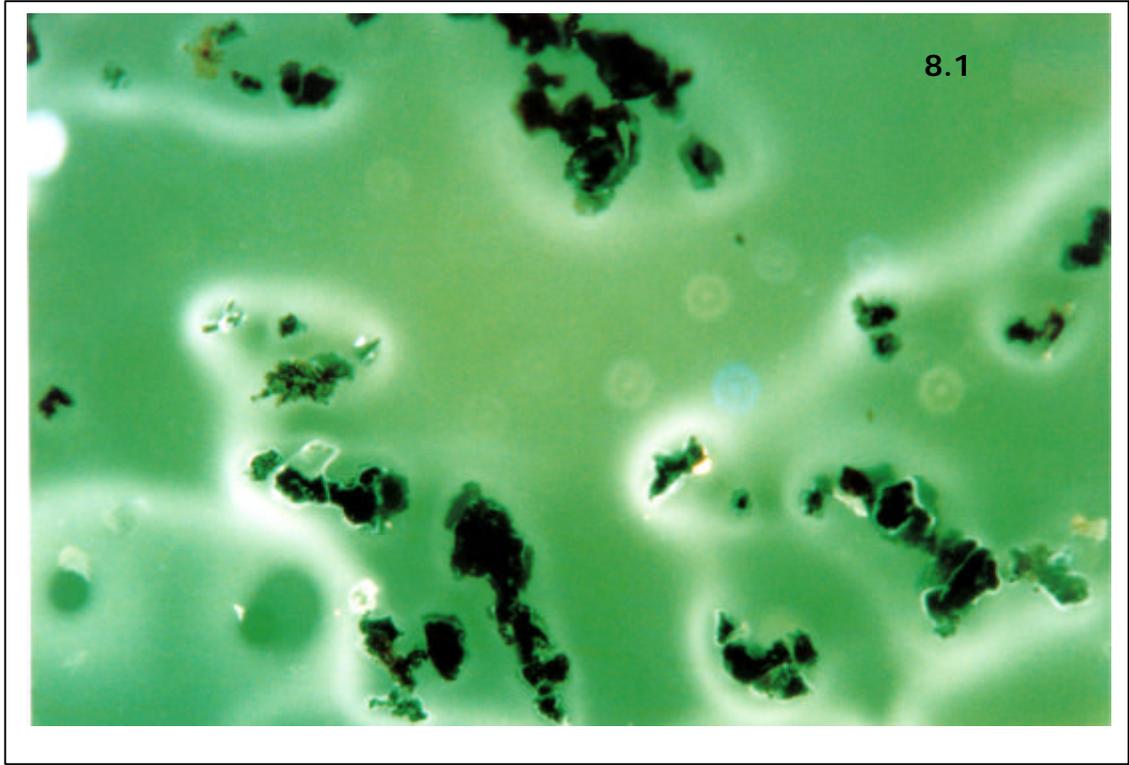
- 6.1 Material não identificado (MNI), luz branca transmitida, aumento de 40x.**
- 6.2 Material não identificado (MNI), luz branca transmitida, aumento de 40x.**



ESTAMPA 7

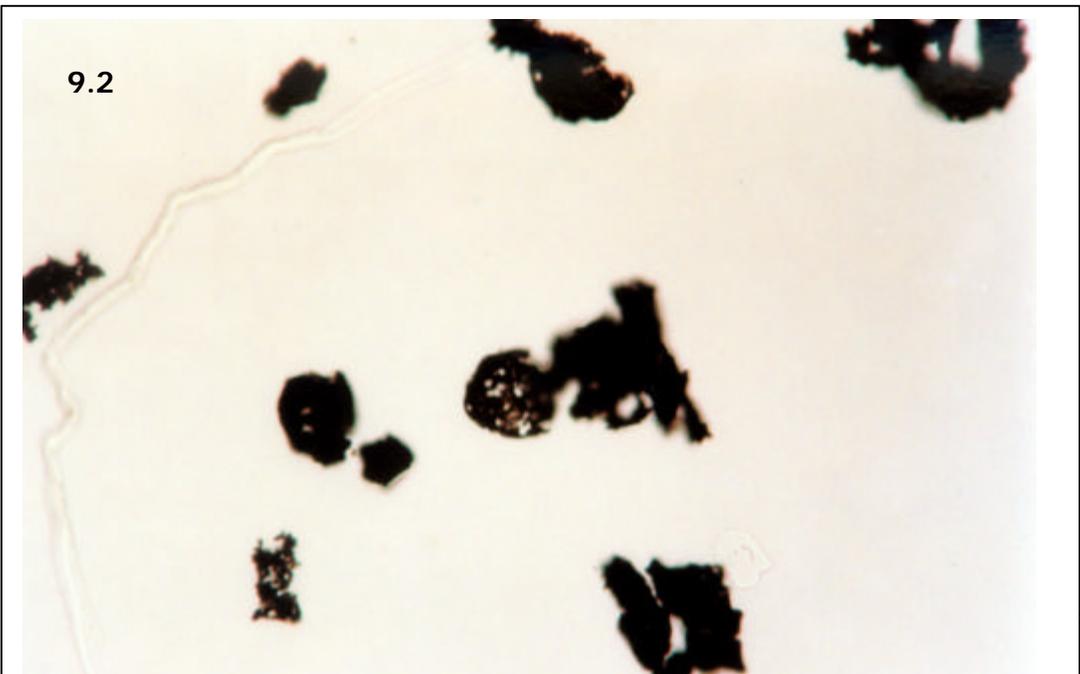
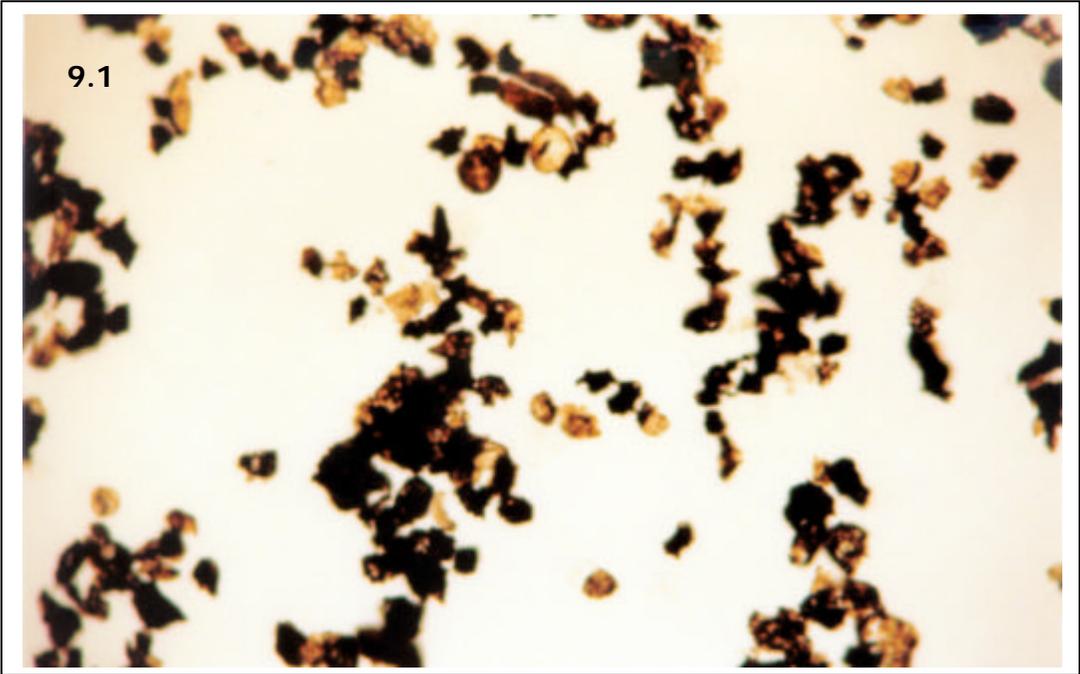
7.1 Visão geral da lâmina em campo Escuro, aumento de 10x.

7.2 Visão geral da lâmina em campo Escuro, aumento de 10x.



ESTAMPA 8

- 8.1 Visão geral da lâmina em luz ultravioleta incidente, aumento de 10x.**
- 8.2 Visão geral da lâmina em luz ultravioleta incidente, aumento de 10x.**



ESTAMPA 9

- 9.1 Visão geral da lâmina em luz branca transmitida, aumento de 10x.**
- 9.2 Visão geral da lâmina carbonizada, em luz branca transmitida, aumento de 20x.**