



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Faculdade de Geologia

Helena Antunes Portela

**Estudo palinológico e palinofaciológico da formação Santana, Bacia do Araripe,  
nordeste do Brasil**

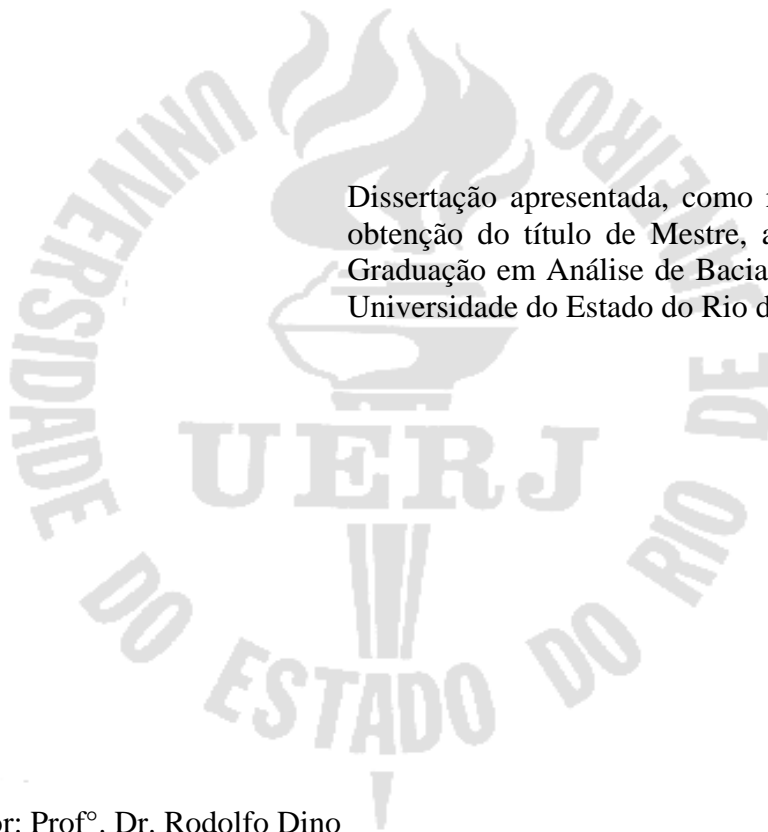
Rio de Janeiro

2008

Helena Antunes Portela

**Estudo palinológico e palinofaciológico da formação Santana, Bacia do Araripe,  
nordeste do Brasil**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-  
Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.



Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Rodolfo Dino

Rio de Janeiro

2008

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

P843 Portela, Helena Antunes.  
Estudo palinológico e palinofaciológico da formação Santana, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil.- 2008.  
133 f. : il. color.

Orientador: Rodolfo Dino.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia.

1. Palinologia – Araripe, Bacia do - Teses. 2. Geologia estratigráfica – Cretáceo - Teses. I. Menezes, Paulo de Tarso Luiz. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. III. Título.

CDU 551.763(812/813)

Patrícia Takayama

**Estudo palinológico e palinofaciológico da formação Santana, Bacia do Araripe,  
nordeste do Brasil**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-  
Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da  
Universidade do estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 31 de março de 2008.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Rodolfo Dino (Orientador)  
Faculdade de Geologia da UERJ

---

Prof. Dr. Antônio Thomaz Filho  
Faculdade de Geologia da UERJ

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Judite Garcia  
Laboratório de Geociências da UnG

Rio de Janeiro

2008

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Rodolfo Dino, pelo apoio, incentivo e pelas sugestões e críticas construtivas.*

*Agradeço especialmente a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luzia Antonioli, co-orientadora e amiga, que sempre se fez presente e atuante em todas as fases desta pesquisa. Expresso minha profunda gratidão pela sua dedicação e apoio.*

*À Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).*

*À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Judite Garcia, pela revisão do manuscrito.*

*À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Antonieta C. Rodrigues, pela amizade, interesse e sugestões fornecidas.*

*Aos professores e funcionários da Faculdade de Geologia da UERJ, em especial aos do departamento de Estratigrafia e Paleontologia.*

*Ao técnico de informática Daniel Santos da Silva, pela paciência e assessoria técnica nas confecções das figuras.*

*À técnica do laboratório de palinologia Kelly de Araújo, pela confecção das lâminas.*

*Aos secretários Edna Santuchi e Diogo Ferreira da secretaria da pós-graduação da Faculdade de Geologia da UERJ, pela amizade e presteza.*

*À Capes que forneceu apoio financeiro para a elaboração desta pesquisa.*

*Aos colegas mestrandos do curso de pós-graduação, pela amizade e incentivo.*

*Aos meus amigos e ao meu companheiro o Prof. Dr. Fábio Vieira de Araújo, pelo incentivo e apoio nos diversos momentos difíceis no decorrer desta tarefa.*

*Finalmente, gostaria de expressar minha gratidão à minha família com muito carinho, em especial aos meus pais que sempre foram meus maiores incentivadores.*

## RESUMO

PORTELA, Helena Antunes. *Estudo palinológico e palinofaciológico da formação Santana, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro, 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

O presente trabalho baseou-se no estudo palinológico e palinofaciológico das rochas cretáceas de idade NeoAptiana a EoAlbiana da Bacia do Araripe. Os sedimentos representativos dessa idade são os que compõem a unidade litoestratigráfica denominada de Formação Santana, célebre por seu rico conteúdo fossilífero e depósitos de gipsita. O material que possibilitou a referida pesquisa foi originado do poço 4-BO-1-PE, de onde foram selecionadas 55 amostras de modo a cobrir, da melhor forma possível, a Formação Santana. O exame do resíduo orgânico total permitiu a individualização de quatro tipos de palinofácies, onde foi possível caracterizar distintos ambientes. No aspecto sistemático, 75 espécies foram identificadas e descritas. O tratamento qualitativo e quantitativo desta palinoflora permitiu o reconhecimento de quatro palinozonas, denominadas em ordem ascendente de A, B, C, e D; sendo a palinozona B correspondente a biozona *Sergipea variverrucata* (P-270), do zoneamento palinológico padrão utilizado nas divisões bioestratigráficas das bacias cretáceas brasileiras. Assim, foi possível, com relativa precisão, efetuar a datação dos sedimentos estudados, que abrangem os estratos inferiores e médios da Formação Santana, como de idade Aptiano Superior. Evidências palinológicas e litológicas indicam um paleoambiente exclusivamente continental, composto por um sistema fluvial, deltaico lacustre, sob clima quente árido a semiárido e regime tectônico relativamente estável. A composição palinoflorística identificada enquadra-se àquelas observadas nas bacias do nordeste brasileiro e insere-se nas características das associações pertencentes à província microflorística do Gondwana-Norte.

Palavras-chave: Bacia do Araripe; Formação Santana; Palinologia; Palinofaciologia

## ABSTRACT

This work was based on palynological and palynofaciological studies carried out on samples of the Araripe Basin, spanning the lower Cretaceous (Late Aptian to Early Albian). The representative sediments of this age are components of the lithostratigraphic unit named as Santana Formation, notorious sedimentary package for its richness in macrofossils and gypsum deposits. Fifty-five cuttings samples of the 4-BO-1-PE well were processed, encompassing the entire Santana Formation deposits in the area, and the organic residue slides were utilized to identify palynomorphs, make counts of them, and palynofaciological studies. The examination of the total organic residue allowed the individualization of four palynofacies, where it was possible to characterize different environmental zones (Palynofacies I, and II, linked to high energy environments and palynofacies III, and IV associated to low energy deposits). The systematics study permitted the identification of 75 species. The qualitative and quantitative classifications allowed proposing 4 successive palynozones (A-D, in ascending order) and that the Palynozone B corresponds to the *Sergipea variverrucata* Zone, one of the most conspicuous palynozones of the standard biozonation of the Brazilian Cretaceous deposits. Accordingly, the lower to middle portions of the Santana Formation could be precisely aged as Late Aptian. Palynological and lithological data indicate a continental paleoenvironment for these deposits, which are composed by fluvial and deltaic-lacustrine systems. Also are suggestive of an arid to semi-arid climate in a relatively calm tectonic activity time. The identified palynoflora composition fits very well with those observed on the lower Cretaceous deposits of the northeastern Brazilian basins. Additionally, they have close affinities with the palynological assemblages characteristic of the North Gondwana Province.

Keywords: Araripe Basin. Santana Formation. Palynology. Palynofaciology.

## SUMÁRIO

<b>I– INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1. Considerações gerais.....	1
2. Objetivos .....	2
<b>II– BACIA DO ARARIPE .....</b>	<b>4</b>
1. Localização .....	4
2. Evolução Tectono-Sedimentar .....	4
2.1. Estrutura Regional .....	4
2.2- Evolução Tectônica .....	7
3. Estratigrafia da Bacia do Araripe .....	9
3.1. Coluna Sedimentar .....	11
4. Formação Santana .....	12
4.1. Litoestratigrafia .....	12
<b>III– MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
1. Seleção das amostras .....	14
2. Preparação das amostras .....	16
2.1. Processamento .....	18
3. Fotomicrografias .....	21
4. Análise Qualitativa .....	21
5. Análise Quantitativa .....	22
6. Palinofácies .....	22
<b>IV– ANÁLISES PALINOFACIOLÓGICAS .....</b>	<b>26</b>
<b>V– CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PALINOFLORA.....</b>	<b>31</b>
1. Esporos .....	32
2. Grãos de pólen .....	33
<b>VI– ESTUDO SISTEMÁTICO .....</b>	<b>37</b>
<b>VII– PALINOLOGIA ESTRATIGRÁFICA .....</b>	<b>71</b>
1. Zoneamento Palinológico .....	72
2. Idade .....	77
<b>VIII– INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....</b>	<b>79</b>



<b>IX– AFINIDADES BOTÂNICAS DA ASSOCIAÇÃO PALINOFLORÍSTICA....</b>	<b>83</b>
1. Briófitas e Pteridófitas .....	83
2. Gimnospermas .....	85
3. Angiospermas .....	86
<b>X– CONCLUSÕES .....</b>	<b>89</b>
<b>XI– REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>91</b>
<b>XII– ESTAMPAS</b>	

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1-</b> Mapa de localização da Bacia do Araripe .....	6
<b>Figura 2-</b> Carta estratigráfica da Bacia do Araripe .....	10
<b>Figura 3-</b> Seção do poço 4-B0-1-PE com as respectivas formações .....	15
<b>Figura 4-</b> Fluxograma da preparação das amostras .....	17
<b>Figura 5-</b> Fluxograma dos componentes do querogênio .....	20
<b>Figura 6-</b> Fluxograma esquemático da análise palinofaciologia .....	24
<b>Figura 7-</b> Palinofácies encontradas na seção estudada (Formação Santana), localizadas no poço 4-BO-1-PE .....	25
<b>Figura 8-</b> (a) Características da palinofácies I e (b) características da palinofácies II .....	29
<b>Figura 9-</b> (a) Características da palinofácies III e (b) características da Palinofácies IV.....	30
<b>Figura 10-</b> Distribuição dos grupos dos esporos na seção estudada.....	35
<b>Figura 11-</b> Distribuição dos grupos dos grãos de pólen ao longo da seção estudada .....	36
<b>Tabela 1-</b> Robertson Reserch – International Limited, Tyson (1995) .....	25
<b>Tabela 2-</b> Distribuição bioestratigráfica e curva de frequência relativa dos principais palinomorfos do poço 4-BO-1- .....	74
<b>Tabela 3-</b> Afinidades Botânicas da microflora estudada .....	88

## **I - INTRODUÇÃO**

---

Nos últimos anos, considerável progresso ocorreu no conhecimento geológico e paleontológico das seqüências Aptianas e Albianas das bacias mesozóicas brasileiras. Os novos dados derivam de estudos estratigráficos e de revisões da palinoflora e microfauna, principalmente das seções não aflorantes, através de coletas sistemáticas em poços exploratórios. Pesquisas de caráter acadêmico (Hashimoto, 1995; Terra & Lemos, 1999; Dino *et al.*, 1999; Antonioli, 1998; 2001), e estudos relacionados aos dados obtidos através de programas exploratórios, vêm demonstrando a necessidade de um estudo integrado visando rever a classificação litoestratigráfica destas seqüências, bem como da sua bioestratigrafia e correlação.

O atual cenário geo-exploratório, envolvendo a licitação de blocos para exploração petrolífera, tem exigido um esforço adicional no conhecimento geológico desses depósitos do Aptiano e Albiano, notadamente quando se trata de novas fronteiras exploratórias. Neste contexto se insere a Formação Santana, onde a quase totalidade dos depósitos brasileiros, com potencial exploratório e análogo às bacias marginais brasileiras, se encontram nesta faixa de idade.

### **1. Considerações gerais**

Embora a incontestável evolução dos estudos bioestratigráficos tenha tornado possível à subdivisão de estratos mesozóicos das bacias brasileiras, ainda existem vários andares em que as pesquisas acadêmicas e aplicadas exigem respostas com maior grau de resolução no campo da bioestratigrafia e de palinofácies.

Os andares do Aptiano e Albiano são um claro exemplo desta carência, onde se observa uma deficiência na definição e subdivisão do Albiano Médio/Inferior nas seqüências brasileiras.

Uma das formas mais precisas, no sentido de ultrapassar as dificuldades impostas pelas particularidades desta seqüência, é a aplicação de estudos palinológicos, tanto em termos bioestratigráficos como biofaciológicos.

Estudos de caracterização com base na ferramenta palinológica são escassos e restritos aos intervalos superiores e aflorantes, para a Bacia do Araripe (Lima, 1978a). Estudos prévios comprovam a viabilidade do refinamento do atual arcabouço bioestratigráfico, com o reconhecimento de novas palinozonas. Ademais, apontam para a necessidade do estabelecimento de arcabouços bioestratigráficos integrados, com base em palinomorfos e palinofácies, nas bacias acima da faixa sudeste, objetivando ajustar o nível de precisão bioestratigráfica para todo o cretáceo brasileiro.

Os dados palinológicos, em particular aqueles vinculados ao tipo e qualidade da matéria orgânica, têm se revelado como um instrumento auxiliar útil no detalhamento estratigráfico de bacias sedimentares. Esses dados também auxiliam na definição de fácies, tornando-os ferramenta de valor cronoestratigráfico, quando integrados a interpretações oferecidas pela bioestratigrafia. O Cretáceo não foge a esta regra, registrando eventos importantes de anoxia no Aptiano superior e na passagem Cenomaniano/Turoniano, além de outros de amplitude regional.

## **2. Objetivos**

Tradicionalmente, as pesquisas palinológicas e micropaleontológicas em estratos cretáceos brasileiros têm se desenvolvido quase que exclusivamente por empresas petrolíferas. Isto se deve ao fato da grande maioria desses sedimentos cretáceos se encontrarem em subsuperfície.

O escopo principal deste trabalho é caracterizar e determinar as variações da palinoflora contida nos estratos da Formação Santana da Bacia do Araripe. Os principais alvos a que se propõe alcançar são:

Revisar todos os dados bioestratigráficos atualmente disponíveis, utilizando um arcabouço aloestratigráfico de ciclos de sedimentação no intervalo que envolve a Formação Santana, da Bacia do Araripe.

Revisar taxonomicamente os palinomorfos dos andares Aptiano-Albiano.

Elaborar um zoneamento bioestratigráfico (com base em palinomorfos) detalhado dos intervalos Albiano e Aptiano desta bacia.

Conhecer a cronologia dos eventos regressivos e transgressivos, bem como o paleoambiente associado a eles como elemento de auxílio na definição dos modelos deposicionais atualmente aceitos para a bacia.

Individualizar as diferentes palinofácies presente no intervalo, detalhando melhor o ambiente deposicional da seção.

## **II – BACIA DO ARARIPE**

---

### **1. Localização**

A Bacia Sedimentar do Araripe (figura 1) é a mais extensa das bacias interiores Mesozóicas do Nordeste do Brasil. Localiza-se na Província Estrutural Borborema (Brito Neves, 1990), ocupando parte dos Estados do Piauí, Pernambuco e Ceará numa extensão de mais de 8.000 quilômetros quadrados, limitados pelas coordenadas geográficas: 38° 30' a 40° 55' de longitude oeste de Greenwich e 7° 07' a 7° 49' de latitude sul.

### **2. Evolução Tectono-Sedimentar**

A paisagem geomorfológica da região em estudo é dominada por três unidades distintas: o modelado esculpido sobre o embasamento de rochas pré-cambrianas, o modelado das rochas sedimentares pré-aptianas do Vale do Cariri e a Chapada do Araripe, formada por coberturas sedimentares sub-horizontais meso-cretácias.

#### **2.1. Estrutura Regional**

A Bacia do Araripe está implantada sobre a Zona Transversal de dobramentos da Província Borborema, ou mais precisamente, “sobre trama estrutural do Sistema Piancó-Alto Brígida e, claramente, ao norte da linha divisória sul deste sistema de dobramentos (zona geotectônica de Teixeira)” (Brito Neves, 1990). Seus limites estão estreitamente controlados por grandes zonas de falhamento do embasamento pré-cambriano: ao norte, pelo ramo principal do Lineamento da Paraíba (segmento Patos-Aurora) e pela parte sul da Falha de Farias Brito; ao sul, pela Falha do Sítio dos Moreiras; a sudeste e leste, pela Falha da Conceição e outras do mesmo

sistema: a oeste é praticamente limitada por uma falha, em continuidade com um grande alinhamento estrutural do embasamento, passando na cidade de Simões e ao sul de Caldeirão Grande (Piauí). No extremo oeste da Bacia, esta falha é parcialmente coberta por uma delgada cobertura tabular de arenito da Formação Exu (Assine, 1992).

Estruturalmente, a Bacia do Araripe é formada por dois compartimentos estruturais, superpostos, com estilos muito diversos. Na parte inferior, bacias do tipo rifte, encravadas em depressões estruturais do embasamento, resultante do tectonismo eo-cretáceo, conhecido como reativação Wealdeniana (Almeida, 1967). Na parte superior, uma cobertura tabular sub-horizontal, de idade meso-cretácia, encobrendo parcialmente as bacias rifte, exceto no Vale do Cariri. Essa configuração estrutural é claramente evidenciada pelo mapeamento geológico e fotogeológico e pelo levantamento sísmico. No reconhecimento estrutural da bacia, (Miranda *et al.*, 1986) mapearam dois refletores sísmicos, de comportamentos distintos: (1) um refletor, em horizonte profundo, tido como o topo do embasamento, mostrando forte estruturação do tipo rifte e (2) um refletor, em horizonte mais raso, tido como a base do Grupo Araripe, sem indicações evidentes de ter sido afetado pelo tectonismo subjacente.

O compartimento estrutural de estilo rifte, na Bacia do Araripe, está muito bem exposto no Vale do Cariri e foi evidenciado, pela gravimetria e pela sísmica, também sob a Chapada do Araripe. Assim, podem ser identificadas duas sub-bacias (a sub-bacia Leste, ou do Cariri, e a sub-bacia Oeste, ou de Feira Nova), separadas por um bloco alto, intermediário (o “horst” de Dom Leme).

Os falhamentos principais deste compartimento não só obedecem às direções dos falhamentos estruturais do embasamento, como se situam na continuidade de muitos desses alinhamentos. Deste modo, duas orientações preferenciais de falhamentos dominam o arcabouço estrutural dos riftes neocomianos do Araripe: (1) a orientação NE-SW, que limita as sub-bacias e os seus principais blocos estruturais internos; e (2) a orientação E-W, variando para NW-SE, em concordância com as direções estruturais dos lineamentos da Paraíba, ao norte e de Pernambuco, ao sul. Essa concordância de alinhamentos estruturais indica que esses riftes se formaram por reativação de antigos falhamentos estruturais pré-cambrianos.

# Bacia do Araripe

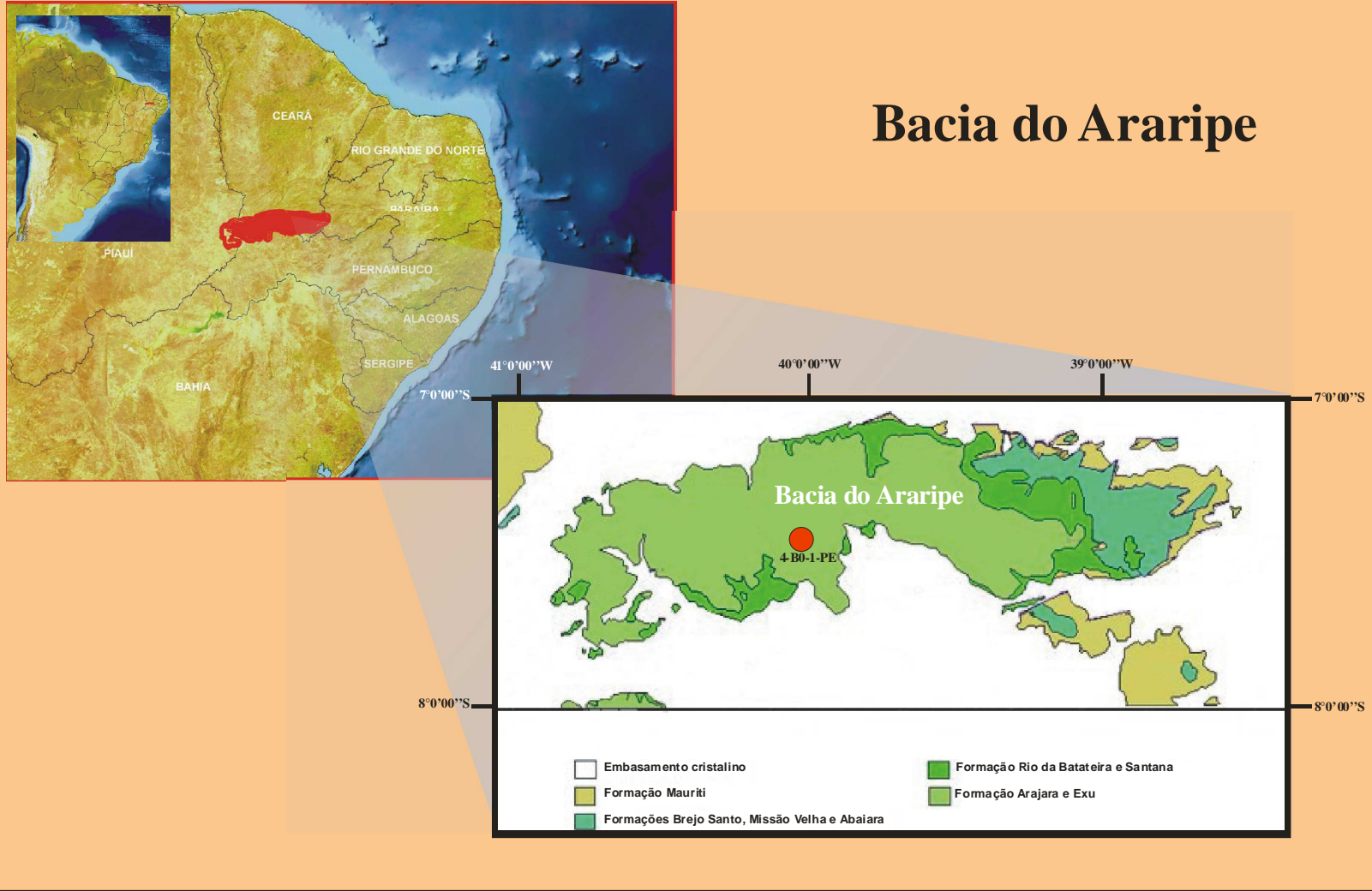


Figura 1 - Mapa de localização da Bacia do Araripe (modificado de Sales & Simões, 2000).



## 2.2. Evolução Tectônica

À primeira vista, a coluna estratigráfica da Bacia do Araripe mostra que sua história geológica remonta ao siluro-devoniano (?), quando foram depositados os sedimentos da Formação Mauriti (Assine, 1992). Porém, a rigor, esta formação representa apenas um dos muitos remanescentes, ou destroços, de uma extensa cobertura epicontinental paleozóica, que não tem relação genética direta com a evolução tectono-sedimentar da atual Bacia do Araripe. Esta, a exemplo das demais bacias mesozóicas do interior do Nordeste, deve sua implantação e evolução a reflexos, não muito remotos, dos eventos tectônicos responsáveis pela fragmentação do paleocontinente Gondwana, individualizando as placas continentais Sul-Americana e Africana e originando o Oceano Atlântico Sul. Baseado nesta constatação, Ponte (1992) analisou a implantação tectônica dessas bacias, com enfoque semelhante ao adotado para o estudo das bacias pericratônicas da margem continental brasileira. Assim, foram identificados três estágios tectônicos sucessivos: (1) estágio Pré-Rifte, (2) estágio Rifte ou Sin-Rifte e (3) estágio Pós-Rifte.

Estágio Pré-Rifte: No Brasil, o estágio tectônico que precede a ruptura do paleocontinente do Gondwana caracteriza-se por uma intumescência crustal, formando um extenso geanticlinal, alongado no sentido norte-sul. Esse processo, iniciado no final do Permiano, prolongou-se até o final do Jurássico. Durante a maior parte desse tempo as regiões soerguidas atuaram como áreas-fonte de sedimentos para as bacias periféricas, no Brasil e na África, de tal modo que as coberturas sedimentares paleozóicas existentes sobre a estrutura foram erodidas, restando apenas alguns remanescentes esparsos, protegidos em depressões do embasamento.

Acredita-se que progressivo processo de arqueamento e intumescência tenha acarretado, como consequência, o crescente estiramento e adelgaçamento crustal, a tal ponto que, ao final do Jurássico, a parte axial da intumescência começou a subsidir, dando origem a uma longa e rasa calha, batizada como “Depressão Afro-Brasileira” (Ponte, 1992), que se estenderia desde o sul da Bahia até o Vale do Cariri, no sul do Ceará, onde teria sido limitada pelo relevo elevado do bloco norte do Lineamento da Paraíba.

Evidentemente, este estágio de estiramento crustal e formação de suave depressão bacial, pode ser considerada como a etapa preliminar do processo de rifteamento nas bacias do Sistema de Riftes do Leste Africano.

Estágio Rifte: Caracteriza-se pela ruptura crustal, depois de ultrapassada a sua capacidade de deformação plástica, no limiar do Cretáceo (Neocomiano). Chang *et al.* (1988) o dividem em duas seqüências: “Sin-Rifte II” e “Sin-Rifte III”. Ele corresponde também a duas fases da seqüência evolutiva dos Riftes do Leste Africano, estabelecida por: Fase 2 – estiramento crustal, com basculamento de blocos e Fase 3 – estiramento crustal, com colapso de blocos.

O intenso tectonismo tafrogênico desencadeado durante este estágio, foi batizado como “Revolução Wealdeniana” (Almeida, 1967). Na Bacia do Araripe, como nas demais bacias implantadas sobre a Província Borborema, os efeitos da Revolução Wealdeniana, embora mais atenuados do que na região costeira, foram marcantes na configuração do seu arcabouço estrutural. Antigos alinhamentos estruturais brasileiros foram reativados, por movimentos verticais e transcorrentes, formando riftes de perfis assimétricos, alongados em direção NE-SW e compartimentados por “grabens”, “semi-grabens”, “horsts” e blocos escalonados, conforme descritos acima.

Estágio Pós-Rifte: No período de estabilidade tectônica que se seguiu à Revolução Wealdeniana, pequenos afundamentos tectônicos ou compactações dos pacotes sedimentares depositados dentro dos riftes deram origem, na Bacia do Araripe, a rasas depressões, onde, no final do Andar Alagoas, começaram a ser depositados os sedimentos flúvio-lacustres da Formação Rio da Batateira, que constitui a unidade basal da Seqüência Pós-Rifte, na bacia. A sedimentação prosseguiu, continuamente, passando gradualmente à Formação Santana. As fácies carbonático-lacustres, do Membro Crato, depositaram-se sobre as plataformas mais rasas, enquanto as fácies evaporíticas, ficaram confinadas nas pequenas bacias restritas. A sedimentação da Formação Santana culminou com uma episódica ingressão marinha, bem documentada no Membro Romualdo. A partir daí o sistema marinho passou a regredir, depositando os arenitos finos e siltitos que constituem a Formação Arajara, em ambientes lagunares e planícies de maré.

Durante o Albiano, um pulso tectônico tardio promoveu falhamentos e basculamentos nos estratos das formações Rio da Batateira, Santana e Arajara. Especula-se que este pulso tenha sido reflexo dos abalos produzidos pelos movimentos transcorrentes ao longo da costa equatorial brasileira e da costa da Guiné, na África.

A sedimentação da Seqüência Pós-Rifte, na região, culminou, no final do Albiano e início do Cenomaniano, com a deposição dos arenitos fluviais da Formação Exu, formando um vasto lençol com leve mergulho para oeste e cobrindo originalmente uma área muito maior do que seus

limites atuais. A inclinação, para oeste, dos estratos da Formação Exu, é uma indicação de que a rede hidrográfica, na época de sua deposição, afluía para a Bacia do Paraíba (Ponte, 1992).

### 3. Estratigrafia da Bacia do Araripe

A análise estratigráfica, centrada na identificação dos eventos geológicos maiores, reconhecíveis ao longo de toda a bacia, evidenciou que os sedimentos preservados na Bacia do Araripe não testemunham embaciamentos completos, com porções marginais e depocentros definidos Ponte (1992). Constituem o registro fragmentário de quatro bacias histórica e geneticamente distintas, separadas no tempo e parcialmente superpostas no espaço, materializadas por quatro seqüências estratigráficas limitadas inteiramente por discordâncias, hierarquicamente correspondentes aos sistemas de Chang (1975.). As quatro seqüências identificadas são: as seqüências Paleozóica, Juro-Neocomiana, Aptiana-Albiana e Albiano-Cenomaniano (figura 2).

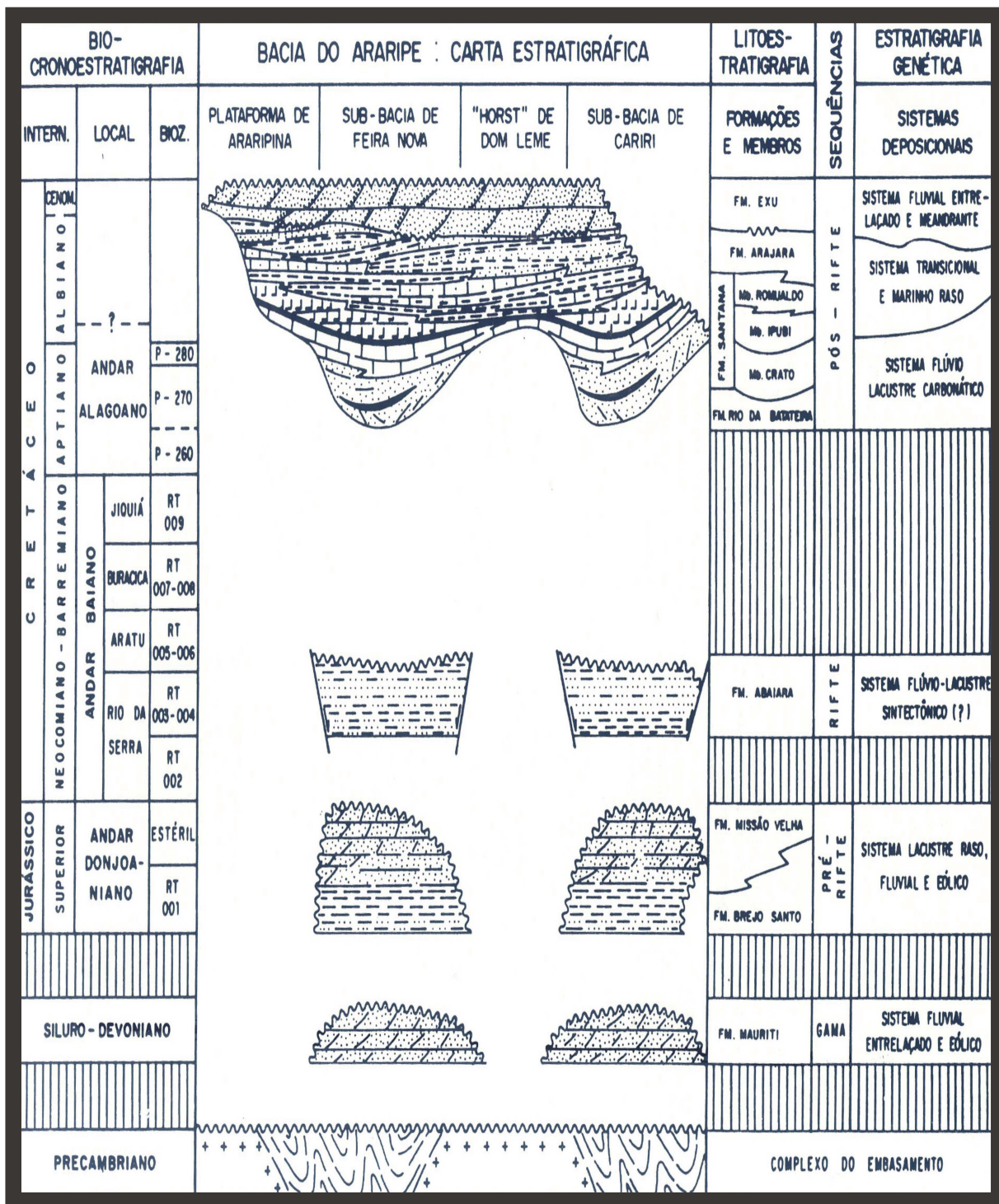


Figura 2- Carta Estratigráfica da Bacia do Araripe, Ponte (1992).

### 3.1. Coluna Sedimentar

A coluna sedimentar da Bacia do Araripe (figura 2), repousa sobre um embasamento de rochas pré-cambrianas e compreende, em linhas gerais, três seções distintas, limitadas por discordâncias angulares de extensão regional.

Na base da coluna, a Formação Mauriti é constituída por remanescentes de uma vasta cobertura de sedimentos continentais paleozóicos, (siluro-devoniano?) (Ponte & Appi, 1990) e é limitada no topo por uma discordância regional de idade Neojurássico superior.

A principal área de afloramento da Formação Mauriti, encontra-se na extremidade leste da Bacia do Araripe, onde situa-se sua localidade tipo (Ponte & Appi, 1990).

Nas áreas de afloramentos, a espessura da Formação Mauriti varia de 10 a 50 metros (Beurlen, 1963; Veiga, 1966). Em sub-superfície, o poço tipo 2-AR-1-CE (Araripe) atravessou 46 metros da unidade.

O grupo Vale do Cariri, de idade neojurássico (?) a eocretácea, engloba os registros da primeira fase de sedimentação contínua na bacia. Inclui três formações: Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara. As duas primeiras correlacionáveis com as unidades da seqüência Pré-Rifte, e a última com a seqüência Rifte. O grupo é limitado na base pela discordância pré- Neojurássico superior e no topo pela discordância pré-Aptiana.

A espessura do Grupo Vale do Cariri, constatada pelo poço 2-AR-1-CE, é de 740 metros. Em superfície é muito difícil a medição de espessuras, em virtude da ausência de exposições de uma seção completa.

A sedimentação meso-cretácea do Grupo Araripe ultrapassou muito os limites do rifte neocomiano, preenchido pelo Grupo Vale do Cariri. O grupo engloba quatro formações: Rio da Batateira, Santana, Arajara e Exú.

A Formação Santana, por sua complexidade litológica, pode ser subdividida em três membros: Crato, Ipubí e Romualdo. Localmente, as formações Rio da Batateira e Santana, exibem pequenos falhamentos e leves basculamentos produzidos por uma reativação tectônica albiana. A Formação Exu, na parte superior, não apresenta evidência de perturbações tectônicas. Sua espessura varia muito em função do relevo da superfície de discordância, onde se acha depositada. Assim, ele é mais espesso, quando recobre as depressões formadas pelas paleo-bacias sedimentares, e mais delgado nas áreas onde jaz sobre o Complexo do Embasamento. No poço 2-

AR-1-CE o Grupo Araripe atinge uma espessura de 712 metros. Em superfície a sua espessura é de aproximadamente 500 metros na região de Crato-Barbalha, enquanto na extremidade oeste da Chapada do Araripe, a espessura do grupo situa-se entre 150 e 200 metros.

## **4. Formação Santana**

Entre todas as unidades que constituem a seqüência sedimentar do Araripe, destaca-se a Formação Santana pelas características que apresenta no que diz respeito aos sedimentos, bem como em relação ao seu conteúdo fóssil. São muito famosas suas reservas de gipsita, quanto sua fauna de peixes, que constitui uma ocorrência ímpar nos domínios das pesquisas paleontológicas no Brasil.

### **4.1. Litoestratigrafia**

A Formação Santana é caracterizada por uma grande diversidade litológica verificável ao longo de sua espessura, cujo limite máximo é de aproximadamente 200 m.

A divisão da Formação Santana foi assunto de discussão por vários autores, como Moraes *et al* (1963), Braun (1966), Santos & Valença (1968) e outros. No presente estudo, optou-se pela manutenção do Termo Formação Santana conforme originalmente definido e consagrado pelo uso, compreendendo três membros: Crato, Ipubí e Romualdo (Beurlen, 1971).

O Membro Crato, na parte inferior da formação, é composto, da base para o topo, por folhelhos cinza e castanho escuro e negros, calcíferos, laminados; calcáreos micríticos, cinza claro e creme, argiloso e finamente estratificados em lâminas paralelas e uniformes. Sua espessura média é da ordem de 50 metros, estimando-se que possa atingir espessuras máximas de até 80 metros. Segundo Silva (1983), estes sedimentos constituem as fácies centrais de um sistema deposicional lacustre que batizou de “Lago Araripe”.

O Membro Ipubí, com espessura média de 30 metros é formado principalmente por gipsita e anidrita, com leitos de folhelhos escuros intercalados subordinamente. Segundo Silva (1983, 1988) esta camada evaporítica representa o clímax de uma seqüência sedimentar em um lago interior, cujas águas se tornaram progressivamente salinas devido à crescente evaporação.

Neste ambiente, gipsita e andrita se precipitaram em salinas (Silva, *op.cit.*). Berthou *et. al.* (1988) também admitem um ambiente lacustre para estes evaporitos.

O Membro Romualdo é constituído por intercalações de folhelhos, margas, calcários e lentes de arenitos friáveis esbranquiçados. Os folhelhos e margas são de coloração cinza-esverdeados e bastante fossilíferos, destacando-se um horizonte com abundantes concreções calcíferas contendo peixes fósseis. Os calcários são normalmente argilosos, fossilíferos e tem ocorrência predominante na parte superior da unidade. O contacto inferior, com o Membro Ipubí é marcado na base por uma delgada camada (1-2 metros) de microconglomerado ou arenito conglomerático, esbranquiçado imaturo, com seixos de argila, gesso e quartzo, apresentando estratificações cruzadas acanaladas (Viana *et al.*, 1989). Esta camada de microconglomerado é apontada como evidência do início de uma seqüência deposicional sobre uma discordância erosiva regional (Silva, 1983 e Berthou *et al.* 1988). A nova seqüência litológica é considerada como o registro de um novo ciclo sedimentar lacustre, (lagos rasos e efêmeros) subsequente ao anterior descrito por Silva (1983, 1988). Viana *et al.* (*op. cit.*), concorda com a origem lacustre do Membro Romualdo, exceto por uma camada de margas e calcários, com cerca de 12 metros de espessura, na parte superior da coluna, contendo conchas de gastrópodes, bivalves e equinóides que evidenciam sedimentação marinha.

### **III – MATERIAIS E MÉTODOS**

---

#### **1. Seleção das amostras**

Foram selecionadas para o estudo, 53 amostras de calha coletadas de 3 em 3 metros no poço 4-BO-1-PE (figura 3) perfurado na Bacia do Araripe.

A amostragem recaiu preferencialmente nos sedimentos de granulometria fina e de coloração mais escura, por constituírem sedimentos ricos em matéria orgânica e, em consequência, potencialmente portadores de grande número de palinomorfos.

O intervalo selecionado para o presente estudo compreendem sedimentos pertencentes à Formação Santana de idade Aptiano-Albiano. Seu desenvolvimento demandou a execução de técnicas e análises detalhadas, envolvendo a resolução dos problemas que abrangeram desde as variações nas características litológicas e paleontológicas das amostras, até a apresentação dos dados obtidos, passando pelas análises palinoestratigráficas, correlações e interpretações palinofaciológicas.



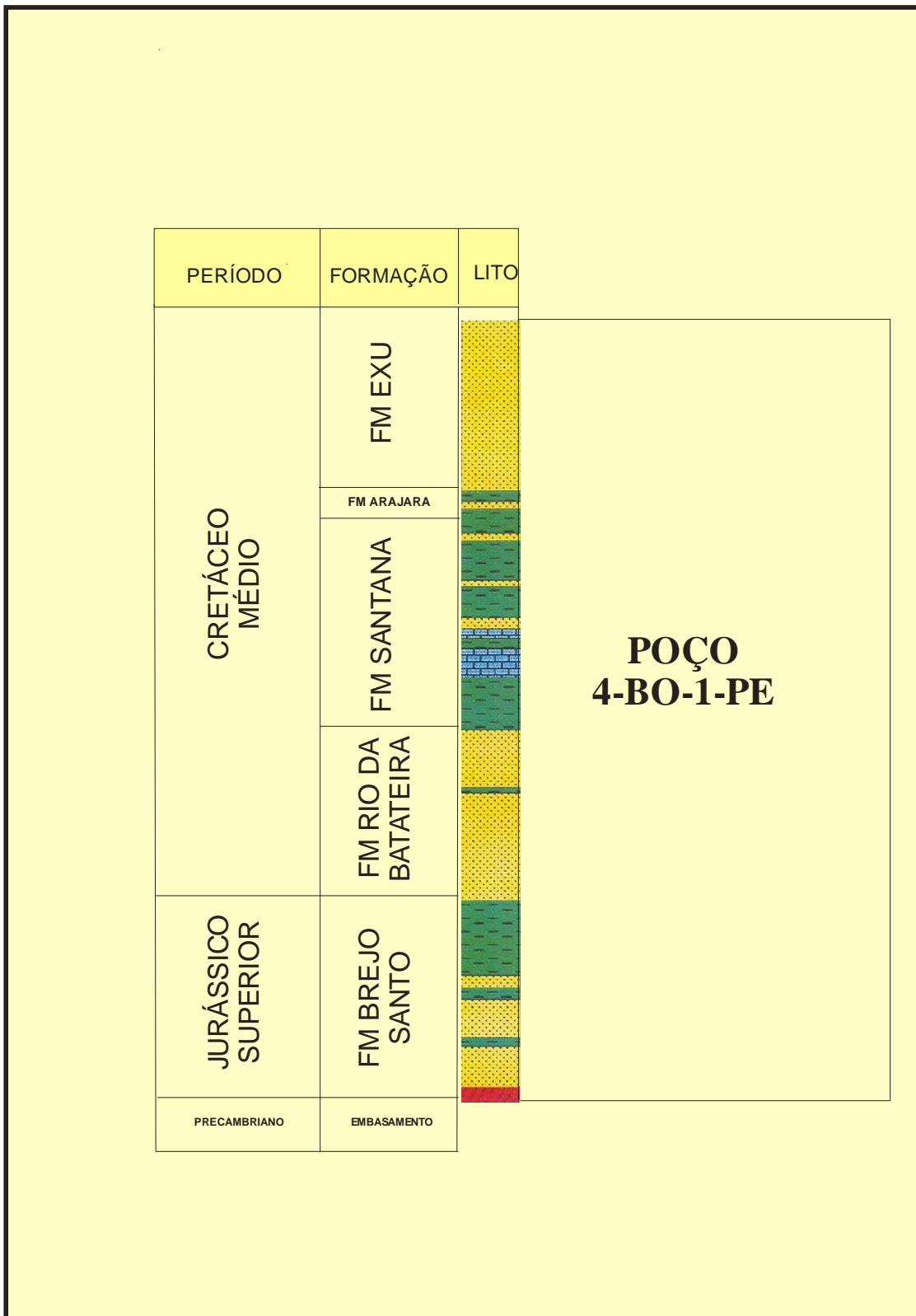


Figura 3- Seção do poço 4-BO-1-PE com as respectivas formações.

## **2. Preparação das amostras**

A preparação química das amostras, tanto para as análises palinológicas quanto para as análises palinofaciológicas, como observamos na figura 4, foram preparadas no laboratório de palinomacerais da Faculdade de Geologia da UERJ utilizando as técnicas de processamento palinológico descritas inicialmente por Uesugui (1979), e que seguem as mesmas utilizadas por Dettmann (1963), Phipps & Playford (1984), Tyson (1995) e Wood *et al.* (1996).

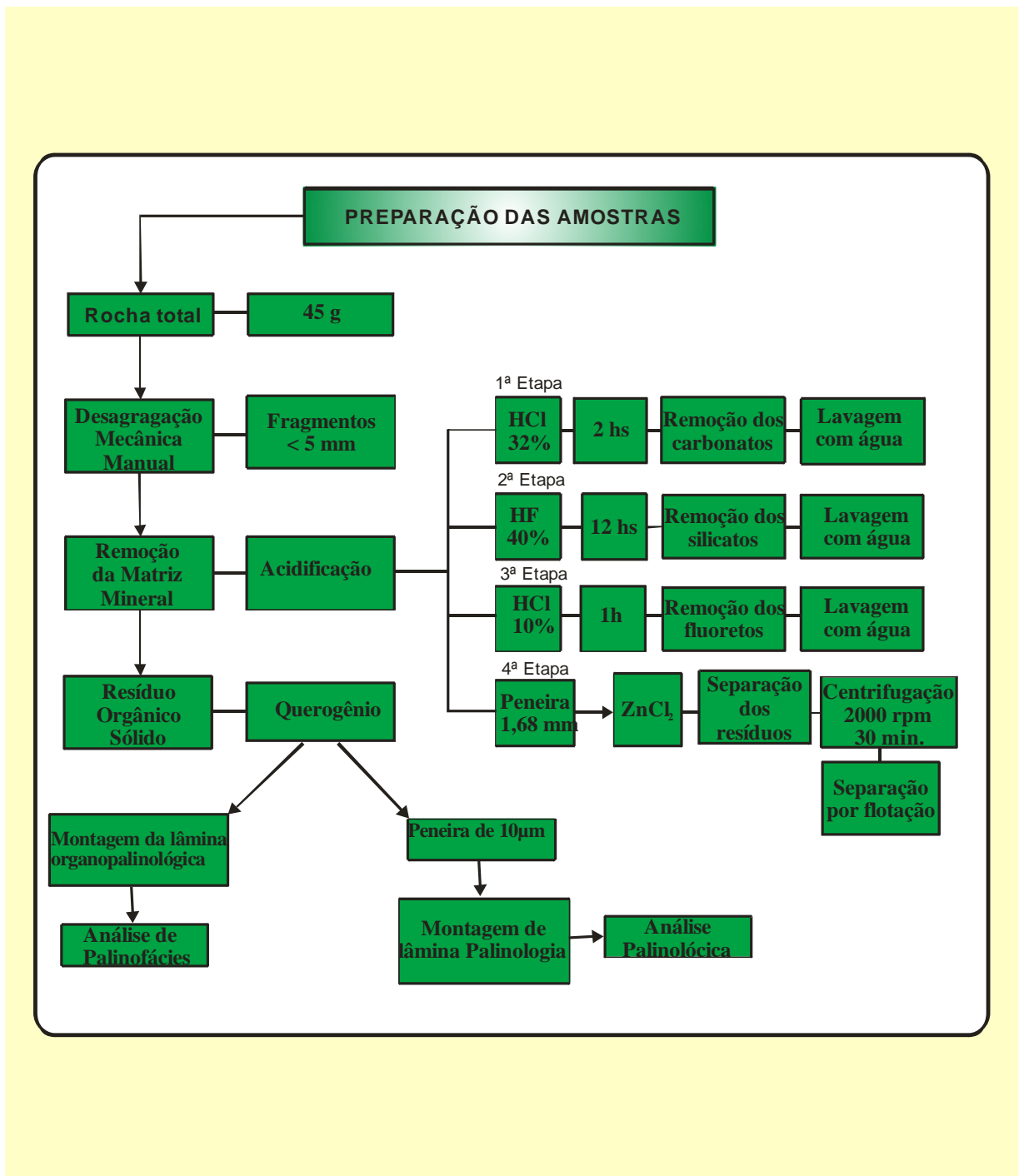


Figura 4- Fluxograma da preparação das amostras.

## 2.1. Processamento

Inicialmente são fragmentadas 40 gramas de cada amostras em tamanhos 5,0 mm aproximadamente e transferidas para bécheres de polipropileno, devidamente identificados, para o primeiro estágio da maceração por acidificação.

Inicia-se o ataque químico com a adição de ácido clorídrico (HCl) à 32% (aproximadamente 100ml ou uma quantidade suficiente para cobrir todo o material), a fim de eliminar a fração mineral carbonática possivelmente presente na amostra.

Posteriormente, as amostras são lavadas em água destilada, para eliminação do ácido (repete-se a operação por três vezes).

Em seguida adiciona-se ácido fluorídrico (HF) a 40% (aproximadamente 100 ml ou uma quantidade suficiente para recobrir todo material), deixando em repouso por aproximadamente 24 horas. Após a lavagem da amostra com água destilada, adiciona-se aproximadamente 50 ml de HCL a 10% para a remoção de cristais de fluorsilicatos que possam ter sido precipitados durante o tratamento com HF, ficando em repouso por 1 hora E lavadas em seguida com água destiladas.

Descarta-se a fração granulométrica maior que 4,00 mm, correspondente a fração do material que não reagiu com os ácidos. A amostra contida no bécher é transferida para o sistema peneira/tubo de 250 ml, onde se verte a água, mantendo a amostra em meio aquoso, precipitada no fundo do tubo.

A próxima etapa da preparação das amostras consiste na separação por flotação utilizando um líquido de densidade intermediária entre o material orgânico e inorgânico, com o objetivo de separar a fração orgânica da fração inorgânica residual. O resíduo é transferido para tubos de ensaio de 50 ml, e adicionado, cloreto de zinco, com densidade de 1,9 a 2,0g/cm<sup>3</sup>, preparado. Centrifuga-se o material por 30 minutos (velocidade 2000rpm), obtendo a separação do material em duas frações. A fração sobrenadante (material orgânico) é transferida para tubos de 50 ml e descartado o precipitado.

Segue-se a lavagem do material com álcool e água destilada e posterior, montagem da lâmina organopalinológica.

Na preparação das lâminas palinológica fez-se necessário a utilização de uma peneira de 10 µm a fim de eliminar o material orgânico desestruturado contido na amostra, facilitando assim a observação e contagem dos palinomorfos ao microscópio. Já para a preparação das lâminas

organopalinológicas não é preciso a peneira, pois é fundamental a preservação de todos os constituintes do querogênio (figura 5) para a análise.

Para a preparação das lâminas utiliza-se uma lâmina de vidro (24 x 76 mm), devidamente identificada com etiqueta, que receberá uma lamínula (24 x 32 mm) com o material da seguinte maneira: sobre uma chapa aquecida à 40°C, coloca-se a lâmina (24 x 76 mm) com uma gota da solução contendo o material orgânico.

Após a secagem do material utiliza-se Entellan-Merck (resina) para a colagem da mesma.

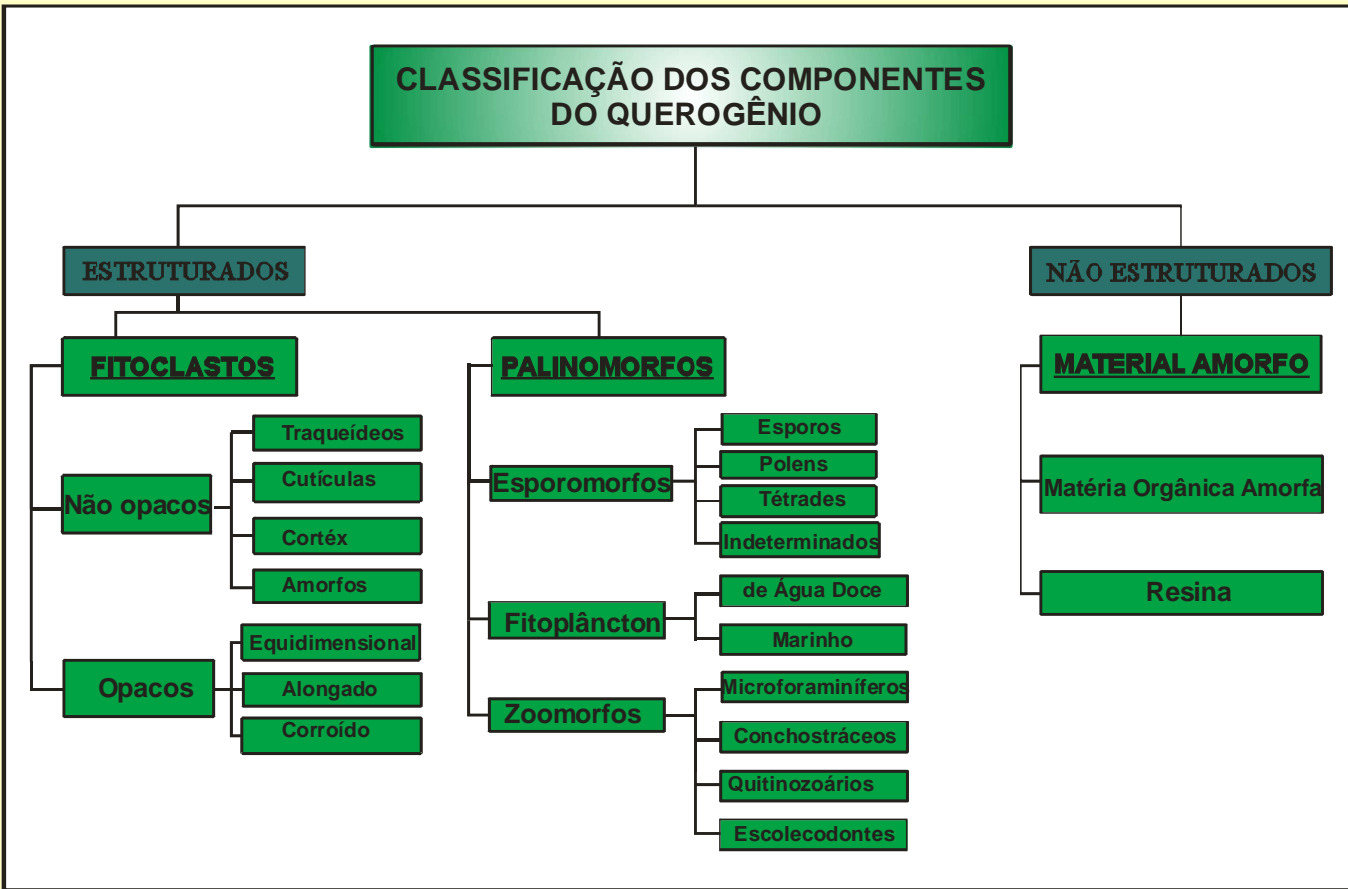


Figura 5- Fluxograma dos componentes do querogênio.

### 3. Fotomicrografias

Com a utilização do fotomicroscópio da Zeiss, e com uma câmera acoplada utilizando o programa Analysys, foram obtidas aproximadamente 200 fotos de palinomorfos e imagem dos constituintes do querogênio. Os palinomorfos selecionados foram marcados através das coordenadas da lâmina (*England Finder*).

A maior parte das fotografias dos palinomorfos foram confeccionadas com a objetiva de imersão de 100x, sendo algumas com objetiva de 40x devido as dimensões de alguns palinomorfos. As imagens dos constituintes do querogênio, tanto em luz branca transmitida, quanto a luz ultravioleta refletida foram obtidas através da objetiva de 20X.

### 4. Análise Qualitativa

A análise qualitativa consistiu da individualização dos diferentes morfotipos presentes no material. Em estudos palinológicos essas análises são efetuadas através da observação das lâminas palinológicas à luz do microscópio óptico.

As análises foram realizadas utilizando um microscópio das Zeiss, com objetivas de 20X e 40X, seguindo caminhos verticais consecutivos e realizando uma superposição ao redor de 10% dos campos observados.

Foram identificados e individualizados os grupos de palinomorfos pertencentes ao material de origem continental (grãos de pólen, esporos e *Botryococcus*) e elementos marinhos (dinoflagelados e microforaminíferos).

Cada tipo encontrado foi identificado, fotografado e marcadas as suas coordenadas nas lâminas. Após a identificação taxonômica de cada morfotipo encontrado, procedeu-se à individualização de cada grupo de acordo com sua similitude morfológica (esporos de briófitas e pteridófitas, grãos de pólen e esporos).

## 5. Análise Quantitativa

Os trabalhos bioestratigráficos, envolvendo a utilização das técnicas de tratamento de dados quantitativos, vêm demonstrando a vital importância do uso desta ferramenta na resolução de estudos detalhados de correlação estratigráfica.

Desta forma, a partir do tratamento estatístico dos morfogrupos presentes nos depósitos da Formação Santana, foi possível obter um panorama de toda a composição microflorística da seção sedimentar.

Os dados para a contagem de frequência relativa foram obtidos através da contagem dos primeiros 200 palinórfos encontrados na lâmina, por estar de acordo com as argumentações de Chang (1967), onde o autor demonstrou que ao contar-se 200 espécimens, a margem de erro será de apenas 5% da população presente.

Os morfogrupos aqui identificados correspondem ao grupo das Briófitas e Pteridófitas (esporos, triletes, monoletes), grupo das Gimnospermas (monossacados, dissacados, rimulados, inaperturados, poliplicados e monocolpados) e o grupo das Angiospermas (monocolpados, monossulcados e tricolpados).

## 6. Palinofácies

As análises de palinofácies (figura 6) são feitas através da observação do resíduo orgânico total da amostra; foi empregado pela primeira vez por Combaz (1964). Estes estudos podem ser utilizados para realizar uma interpretação geológica do material orgânico sedimentar (Whitaker, 1984).

No estudo das palinofácies, o material orgânico pode ser de origem autóctone (quando é originado na coluna de água ou no sedimento em que está incorporado) ou alóctone (estranho ao seu ambiente de deposição), sendo que, em ambos os casos, a situação de energia no corpo d'água em questão (corpo d'água no qual estão ocorrendo processos de produção e/ou acumulação de material orgânico) e o suprimento de partículas minerais (que ocorre simultaneamente ao processo de deposição da matéria orgânica) deve ser tal que permita um tipo particular de sedimentação (Richelot & Streel, 1985).



Os elementos de origem autóctone identificados incluem os dinoflagelados e microforaminíferos, além da matéria orgânica amorfa, ou sapropelítica, a qual é massa orgânica resultante da ação das bactérias, e/ou de um processo total de degradação bioquímica. Os componentes alóctone incluem-se os palinomorfos terrestres, como os fitoclastos, tecidos cuticulares, resina, grãos de pólen, esporos, algas lacustres (*Botryococcus*) e fungo.

Os procedimentos de documentação e registro de dados em estudos de palinofácies variam bastante de autor para autor e de acordo com o objetivo do trabalho. Alguns autores (Batten, 1982 a, b; e Batten & Lister, 1988) utilizam parâmetros de abundâncias relativas, através de avaliações visuais, enquanto que outros (Whitaker, 1984 e Gorin & Steffen, 1991), como foi o caso aqui adotado, preferem trabalhar com valores percentuais.

As partículas são designadas através do sistema de classificação, e a contagem deve ser realizada fazendo-se a cobertura da lâmina através de seções transversais verticais utilizando um retículo cruzado graduado em oculares de 10 X e objetiva de 25 X de aumento. São registradas somente aquelas partículas que passarem diretamente sobre o retículo. Os dados de contagem podem ser registrados manualmente, em folhas de contagem, obedecendo a classificação proposta.

Todas as partículas devem ser contadas, exceto aquelas com tamanho inferior a 10  $\mu\text{m}$  (retículo graduado) No caso dos palinomorfos com tamanho inferior a 10  $\mu\text{m}$  (retículo graduado) (ex. acritarcas e pequenos esporos), não deve ser realizada qualquer contagem indiferenciada, sendo que tais partículas devem ser consideradas equivalentes àquelas com tamanho igual ou superior a 10  $\mu\text{m}$ . Foram contados até 300 grãos, de acordo com Tyson (1995).

As análises foram realizadas utilizando microscopia em luz branca transmitida para contagem dos grupos dos componentes orgânicos e determinação do ICE (índice de coloração dos esporos) (tabela 1) e luz ultravioleta refletida (floreescência) para determinação o estado de preservação da matéria orgânica sofrida durante sua deposição.

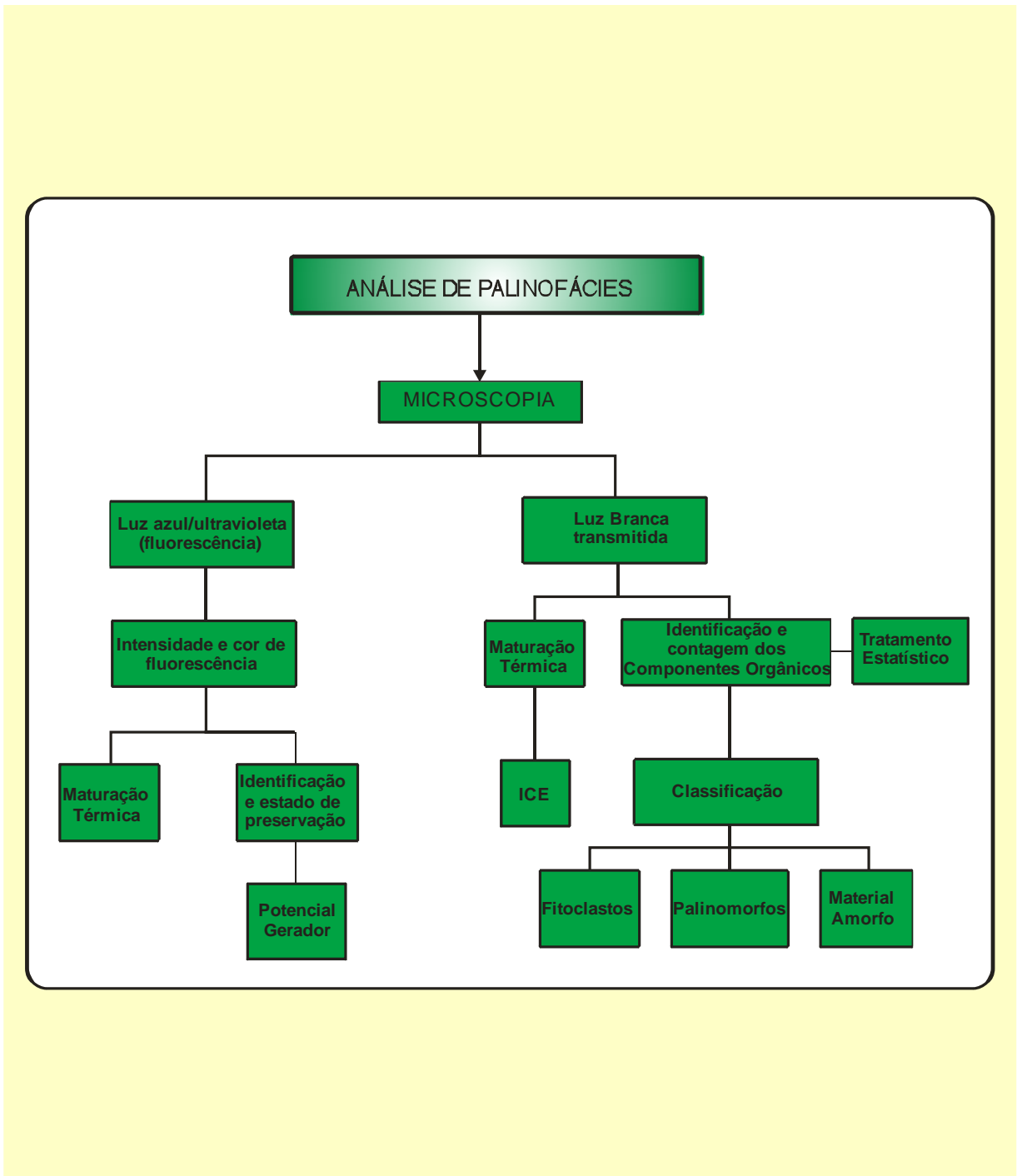


Figura 6- Fluxograma esquemático da análise palinofacilógica.






















ESTÁGIOS DE EVOLUÇÃO TÉRMICA		VARIAÇÃO DE CORES EM ESPOROS	INDICADORES DE MATURAÇÃO TÉRMICA				
GRAU DE MATURAÇÃO	ICE		%Ro	IAT	Fluoresc. palinomorfos	T-máx °C	
D I A G Ê N E S E	IMATURO	 Incolor amarelo pálido	1	0,2			
		 amarelo claro	1,5		1		
		 amarelo	2		1,5	verde amarela	
		 amarelo ouro amarelo escuro	2,5	0,3			
		 amarelo escuro laranja	3		2		
		 amarelo escuro laranja	3,5				430
		 amarelo escuro laranja	4	0,4			
		 amarelo escuro laranja	4,5				
		 laranja	5	0,5			
		C A T A G Ê N E S E	MATURO	 laranja	5,5	0,6	2,5
 laranja	6					laranja	
 laranja	6,5			0,7			
 laranja	7			0,8			
 laranja	7,5			0,9		laranja marrom	
 laranja	8			1,0			
 marrom escuro	8,5				3		
 marrom escuro	9			1,3		ausente	450
 marrom escuro preto	9,5			2,0	3,5		
 preto	10			3,0	5		
M E T A G Ê N E S E	SUPERMATURO	 preto					
		 preto					

Tabela 1- Robertson Research–International Limited. Adaptado de Tyson, 1995.

## IV – ANÁLISES PALINOFACIOLÓGICAS

---

Estudos de palinofácies estão intimamente ligados às interpretações sedimentológicas, e reflete os ambientes e o clima à época de deposição (Batten & Maclennan, 1984; Batten, 1975; Batten *et al.*, 1984; Batten & Liwenben, 1987).

Ambientes de alta energia, não são considerados ambientes com condições ideais de preservação de matéria orgânica ao contrário de ambientes distais (em relação às fontes), geralmente áreas subaquosas profundas ou protegidas. (Dino, 1992).

Buscou-se no presente estudo, obter informações mais detalhadas a respeito do ambiente de sedimentação da seção sedimentar analisada e caracterizar em termos de conteúdo orgânico, os componentes do querogênio das amostras estudadas.

Os resultados das análises de fluorescência mostraram que os sedimentos foram depositados em ambiente com condições anóxica-desóxica, característico de ambiente lacustre; com predomínio de querogênio do tipo I e III.

Através dos resultados das análises quantitativas dos diferentes grupos de querogênio e das análises de fluorescência, foi possível individualizar quatro palinofácies distintas para a seção estudada, como podemos de ver na figura 7.

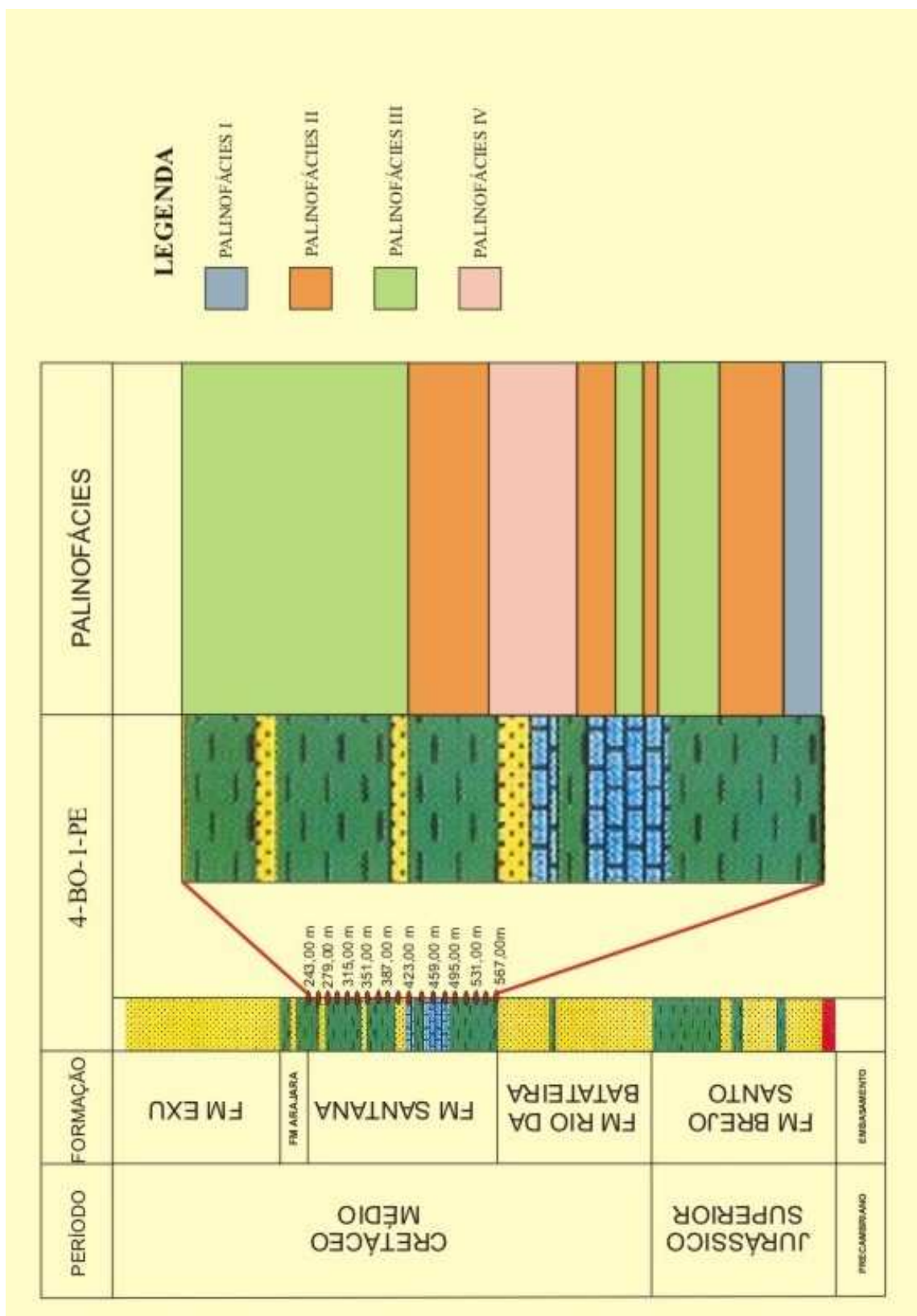


Figura 7- Palinofácies encontradas na seção estudada (Formação Santana), localizadas no poço 4-BO-1-PE.

Características das quatro palinofácies encontradas no presente trabalho:

**Palinofácies I:** Caracteriza-se por apresentar um predomínio de matéria orgânica amorfa dispersa, com fluorescência baixa a moderada (figura 8a) seguida por fitoclastos (de tamanhos reduzidos e equidimensionais) e raros esporomorfos.

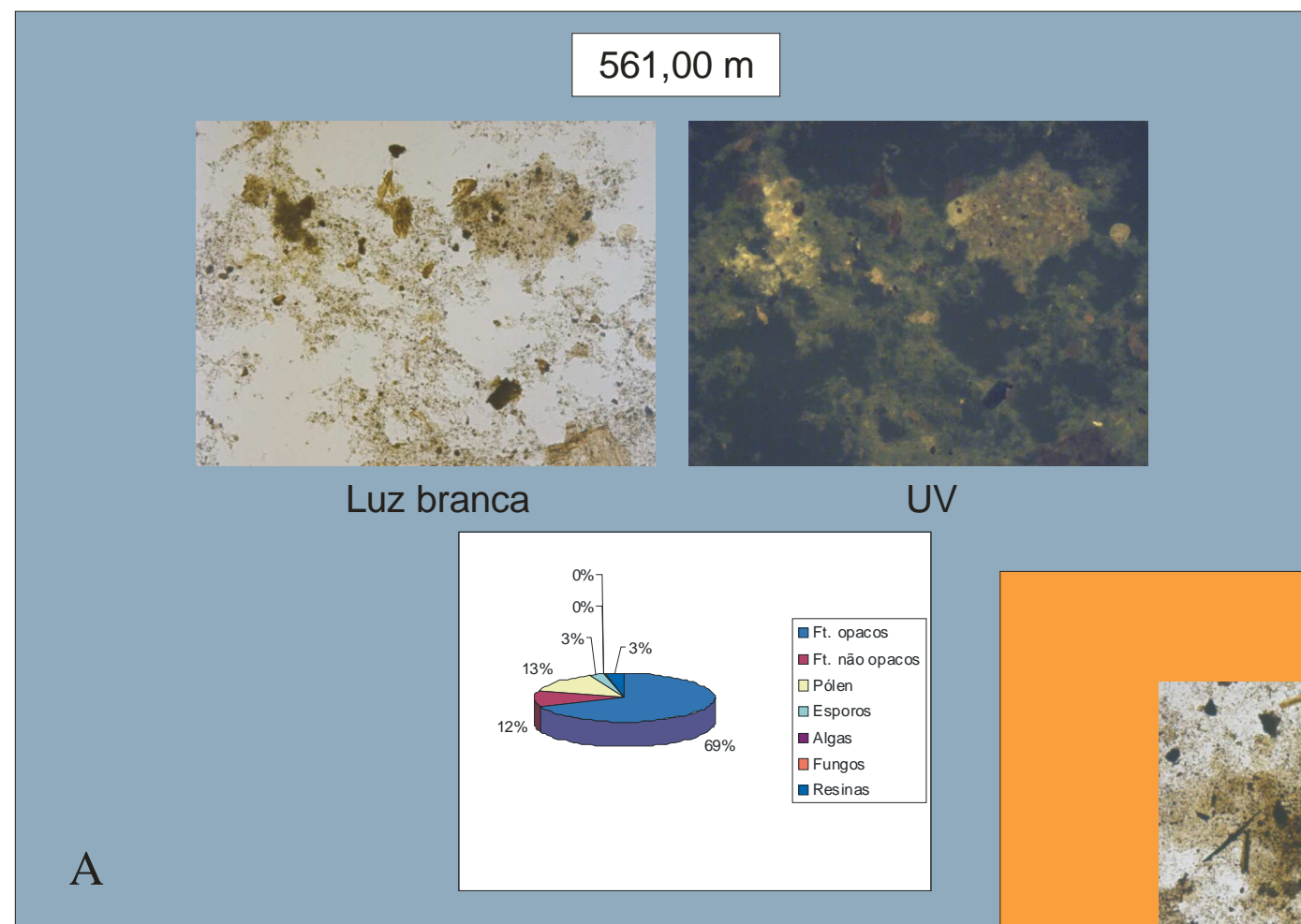
**Palinofácies II:** Dominam o material orgânico amorfo disperso, com fluorescência moderada (8b). O percentual de fitoclastos está bem representativo, e se apresentam de formas equidimensionais e alongados. Observa-se baixo percentual de esporomorfos.

**Palinofácies III:** Domínio de matéria orgânica amorfa dispersa com níveis de ocorrência de MOA globosa, com alta fluorescência (figura 9a). O grupo dos fitoclastos apresenta-se em tamanhos maiores e com grande representatividade. Observa-se um aumento dos esporomorfos.

**Palinofácies IV:** Caracterizada pela abundância de matéria orgânica amorfa globosa, com fluorescência baixa. Apresenta-se com formas e texturas diversas, com contorno irregular, formando flocos e grumos. Os palinomorfos são raros e quando presentes ficam imersos aos grumos (figura 9b).

Os dados de índice de coloração dos esporos (ICE) indicam que a seção estudada se encontra em uma fase imatura de geração de hidrocarbonetos, apresentando valores de ICE entre 3 e 4,5.

## PALINOFÁCIES I



## PALINOFÁCIES II

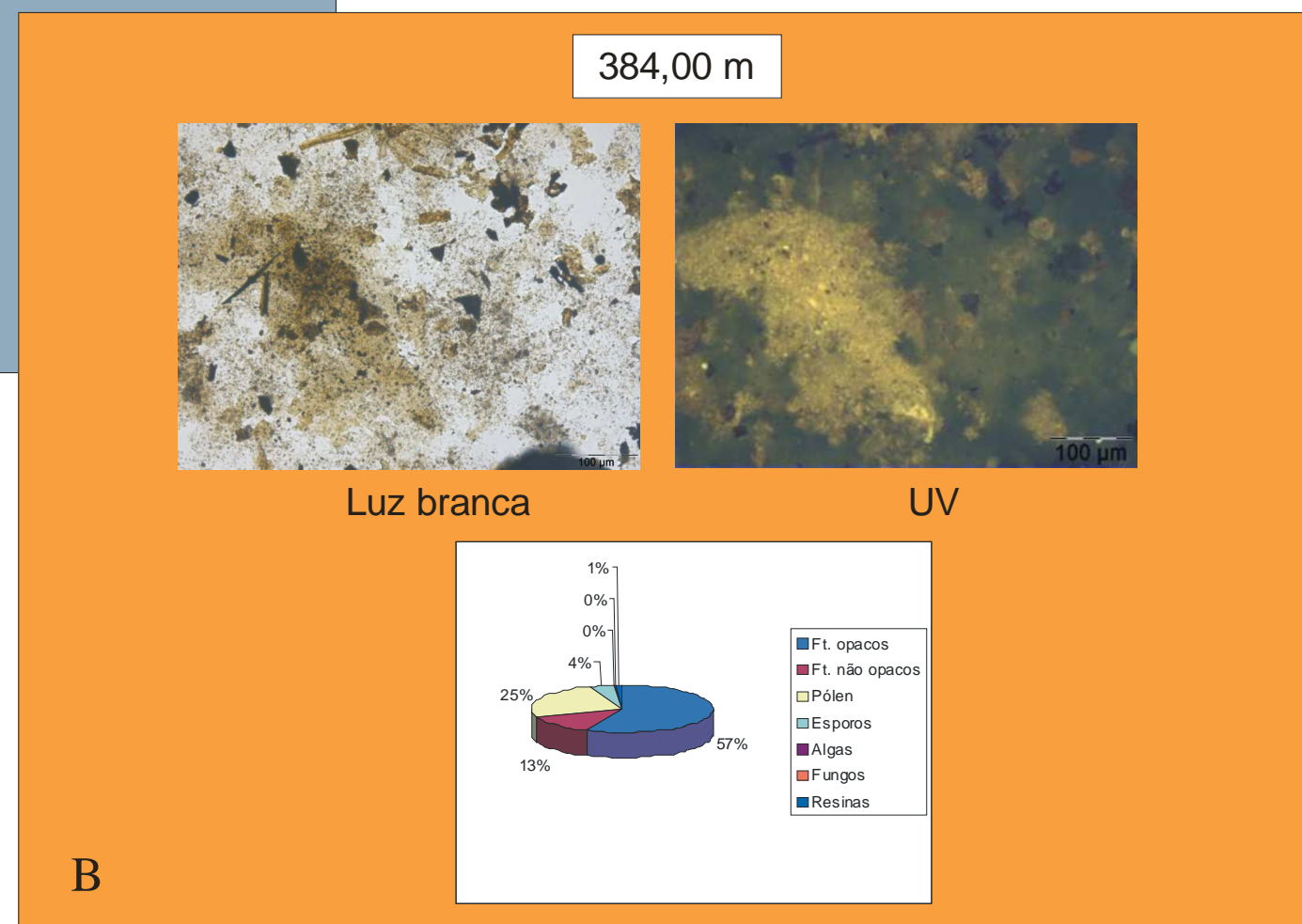
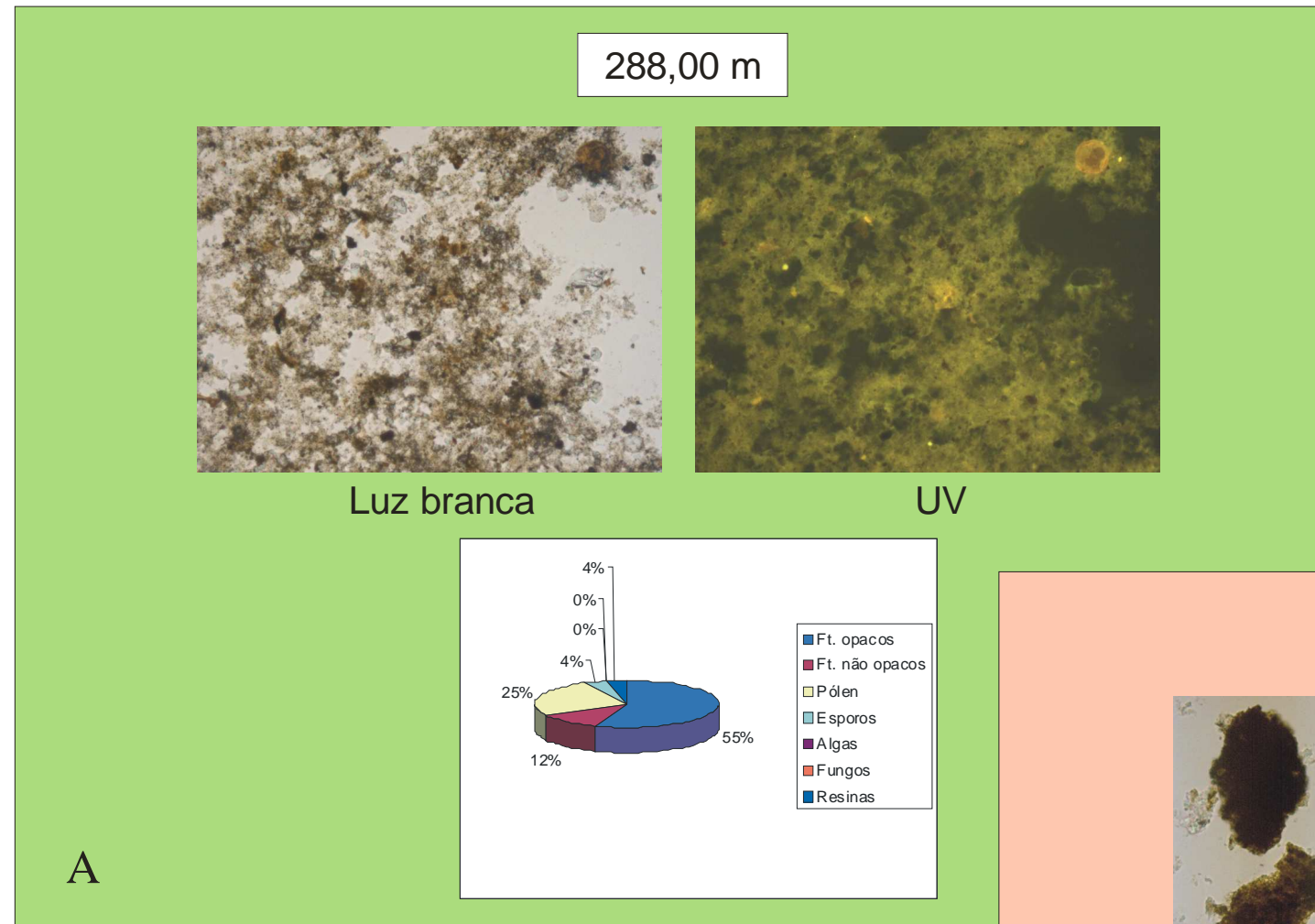


Figura 8- (a) Características da palinofácies I e (b) característica da palinofácies II.

### PALINOFÁCIES III



### PALINOFÁCIES IV

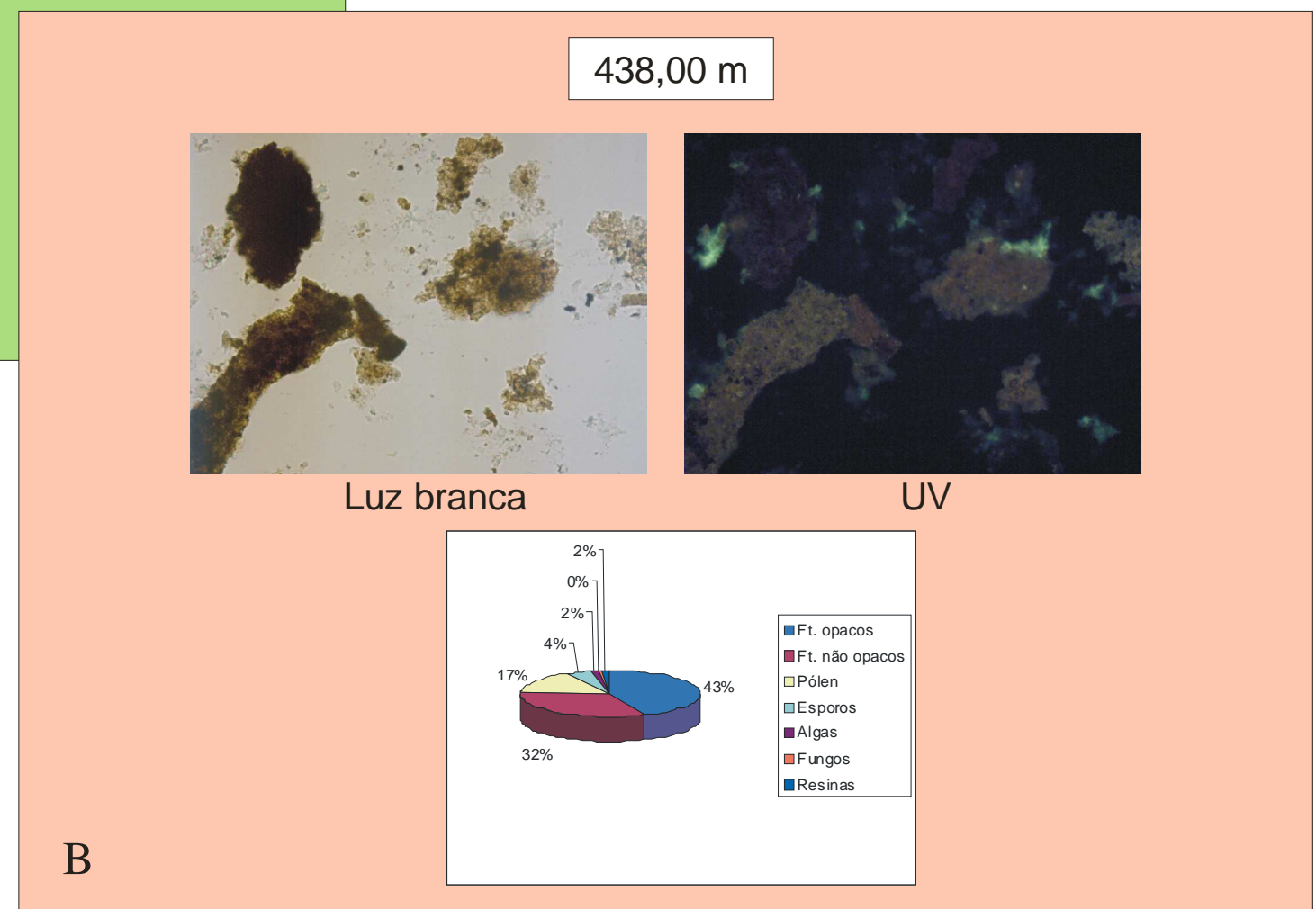


Figura 9- (a) Características da palinofácies III e (b) característica da palinofácies IV.



## V – CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PALINOFLORA

---

A caracterização da palinoflora baseou-se nas análises qualitativa e quantitativa das associações palinoflorística recuperadas nos sedimentos amostrados. Estritamente falando, muitos autores (Clifford & Stephenson, 1975; Buzas, 1979; Dodd & Stanton, 1981; Wilson, 1985; Ludwig & Reynolds, 1988; Beenson, 1992) individualizam os conceitos de "riqueza" de espécies (= número de *taxa* numa amostra) e de índices de diversidade (= riqueza de espécies + uniformidade de abundância das espécies). Entretanto, como Dodd & Stanton (1981) ressaltam, esta distinção não é usualmente comum na literatura paleontológica. Normalmente, os índices de diversidade *sensu stricto* refletem as mudanças nas condições paleoecológicas atuantes numa escala de comunidade, como claramente demonstrado por Hill (1973). Como a Formação Santana faz parte de uma bacia formada em ambiente lacustre com influência flúvio-deltaica (ambiente misto), a simples medida da riqueza das espécies em cada amostra, usando 200 grãos contados, já nos indica as mudanças no ecossistema terrestre como um todo, bem como sua diversidade.

Em uma visualização global dos taxa presentes nas amostras estudadas, verifica-se que algumas são praticamente estéreis, enquanto outras são muito diversificadas. De modo geral, estas diferenças parecem refletir não só fenômenos pós-deposicionais, como também condições vigentes na época da sedimentação. Assim, os sedimentos mais grosseiros, correspondentes à base da Formação Santana, são em geral pobres em material orgânico e conseqüentemente pobres em palinomorfos. Os sedimentos imediatamente superpostos (argilas ou folhelhos de coloração acinzentados), são em contraposição, altamente favoráveis a concentração de material orgânico e podem estar refletindo condições mais redutoras para a época da deposição. Os níveis de calcários laminados intercalados aos folhelhos são também muito pobres. Os clásticos finos suprajacentes aos calcários podem também obter material orgânico, pois há amostras bastante ricas nestes níveis.

Foram identificadas 75 espécies de palinórfos correspondentes a 43 gêneros em toda a associação. A seção sedimentar analisada apresenta uma palinoflora rica diversificada, com elementos típicos de uma palinoflora gondwanica.

A composição da palinoflora da Formação Santana pode ser subdividida nos seguintes grupos taxonômicos: a) talófitas (algas, fungos, líquens); b) briófitas (musgos e hepáticas); c) pteridófitas, os quais são compostos principalmente por esporos de samambaias e avencas, mas também incluem os esporos de licófitas e esfenófitas; d) os elementos gimnospérmicos, que incluem grãos de pólen monossacados, bissacados, aletes, colpados e monoporados; e) os grãos de pólen afins às Angiospermas, geralmente os colpados.

As talófitas estão pobremente representadas na palinoflora. Elas estão geralmente presentes na maioria das amostras, contudo em percentuais pouco significativos. Estão representadas pelo gênero *Botryococcus*, o qual é geralmente interpretado como um membro das algas Chlorophyceae, de água doce. Contudo, existe a possibilidade destes palinórfos terem vivido também em águas salobras costeiras e pouco agitadas (Batten & Grenfell, 1966).

Em termos de representatividade dentro da seção estudada, de um modo geral, predomina o grupo das gimnospermas seguido pelos esporos triletes (grupo das briófitas e pteridófitas). As angiospermas se apresentam com um menor registro na associação, sendo mais características no topo da formação.

Uma análise resumida do comportamento dos diversos grupos observados possibilitou a obtenção dos seguintes resultados:

## 1. ESPOROS

Os grãos de esporos estão presentes em quase toda a seção estudada, com valores percentuais de 10% em média. Este grupo apresenta alta diversidade, apesar de baixa frequência. Foram identificados 24 gêneros e 34 espécies sendo os mais comumente encontrados na associação os gêneros *Deltoidospora*, *Cicatricosisporites* e *Crybelosporites*. O grupo dos esporos monoletes tem uma representatividade inexpressiva, presente em apenas um nível ao longo da seção. A distribuição deste grupo pode ser observada na figura 10.

**Triletes lisos:** Este grupo está representado por 8 gêneros e 12 espécies. Ocorre em toda a seção estudada atingindo o percentual de 3% do total da amostragem estudada, mas ocorrem níveis onde chega a um percentual de 13% da associação. Os gêneros mais comuns são *Deltoidospora*, *Leiotriletes*, e *Todisporites*.

**Triletes ornamentados:** Grupo representado por 12 gêneros e 20 espécies, ocorrendo em toda a seção e atingindo um percentual aproximado de 3% do total. Destaca-se o gênero *Cicatricosisporites*. Em Algumas profundidades, ocorre um aumento deste gênero, podendo alcançar percentuais mais altos, em torno de 6-10%.

**Triletes Perisporados:** Este grupo esta representado por apenas 2 gêneros e 3 espécies, ocorrendo em quase toda a seção, atingindo um percentual de 3% do total. Destaca-se o gênero *Crybelosporites*. Em algumas níveis em direção ao topo, foi encontrada uma abundância deste gênero, chegando á percentuais de 20% da associação.

**Monoletes:** Presente em apenas um nível, representado apenas por uma espécie. Como foi encontrado apenas um indivíduo, foi descartada a contabilização do porcentual.

## 2. GRÃOS DE PÓLEN

Este grupo domina quase que completamente a seção, com um percentual de representatividade ao redor de 80% do total da amostragem. Na figura 11 pode-se visualizar melhor a sua distribuição ao longo de toda seção.

**Sacados:** Os grãos sacados estão presentes em poucos níveis da seção estudada, com uma média percentual ao redor de 1%. Este grupo está representado por 2 gêneros e quatro espécies. Os monossacados estão representados principalmente pelo gênero *Callialasporites* e os bissacados representados pelo gênero *Vitreisporites*.

**Inaperturados:** Grupo representado por 5 gêneros e 6 espécies, amplamente distribuído em toda a seção. Atinge um significativo percentual de 27% do total das amostras, ocasionado pela grande

quantidade do gênero *Afropollis*. Em determinados níveis da seção este gênero chegou a obter um percentual de 90% da associação.

**Rimulados:** Um grupo de pequena expressão qualitativa. Está representado por apenas 2 gêneros e 2 espécies, mas em contra partida amplamente abundante em quase toda a seção, atingindo um percentual de 58% do total. Destaca-se a espécie *Classopollis classoides* que chega a possuir percentuais de 95% da associação, como pode ser observado no gráfico da figura 11.

**Poliplicados:** Grupo bem representado, com 4 gêneros e 15 espécies, com pelo menos uma delas presente em cada nível da seção, atingindo um percentual de 4% na seção com destaque para o gênero *Equisetosporites*. Em alguns níveis este grupo atingiu percentuais em torno de 10-15% da associação.

**Colpados:** Corresponde a um grupo com 6 gêneros e 9 espécies. Em termos percentuais, este grupo atinge em média 2% do total. Este grupo alcançou percentuais de 5-10% como vê-se no gráfico da figura 11, pelo fato do gênero *Stellatopollis* ser abundante em alguns níveis.

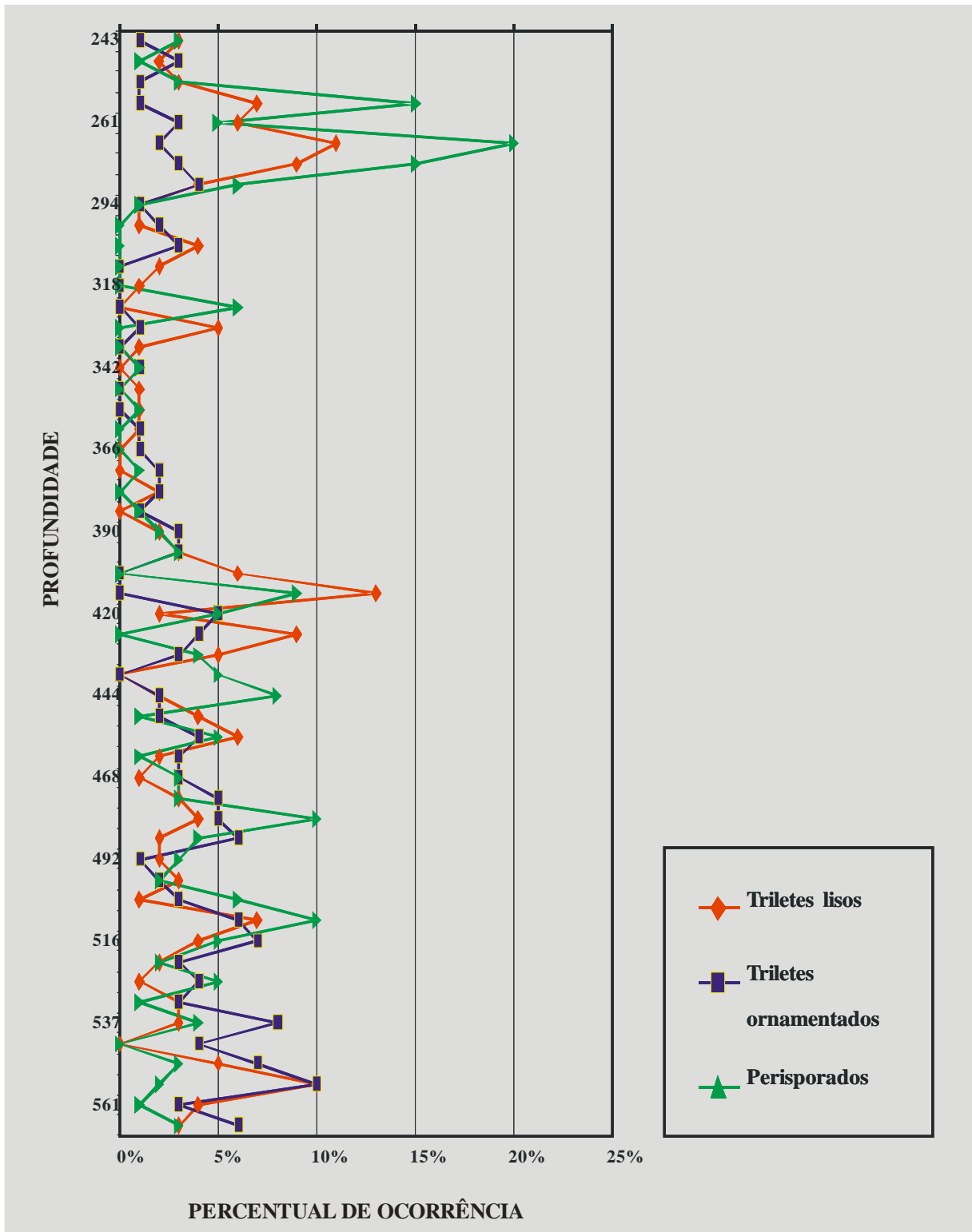


Figura 10- Distribuição dos grupos dos esporos ao longo da seção estudada.

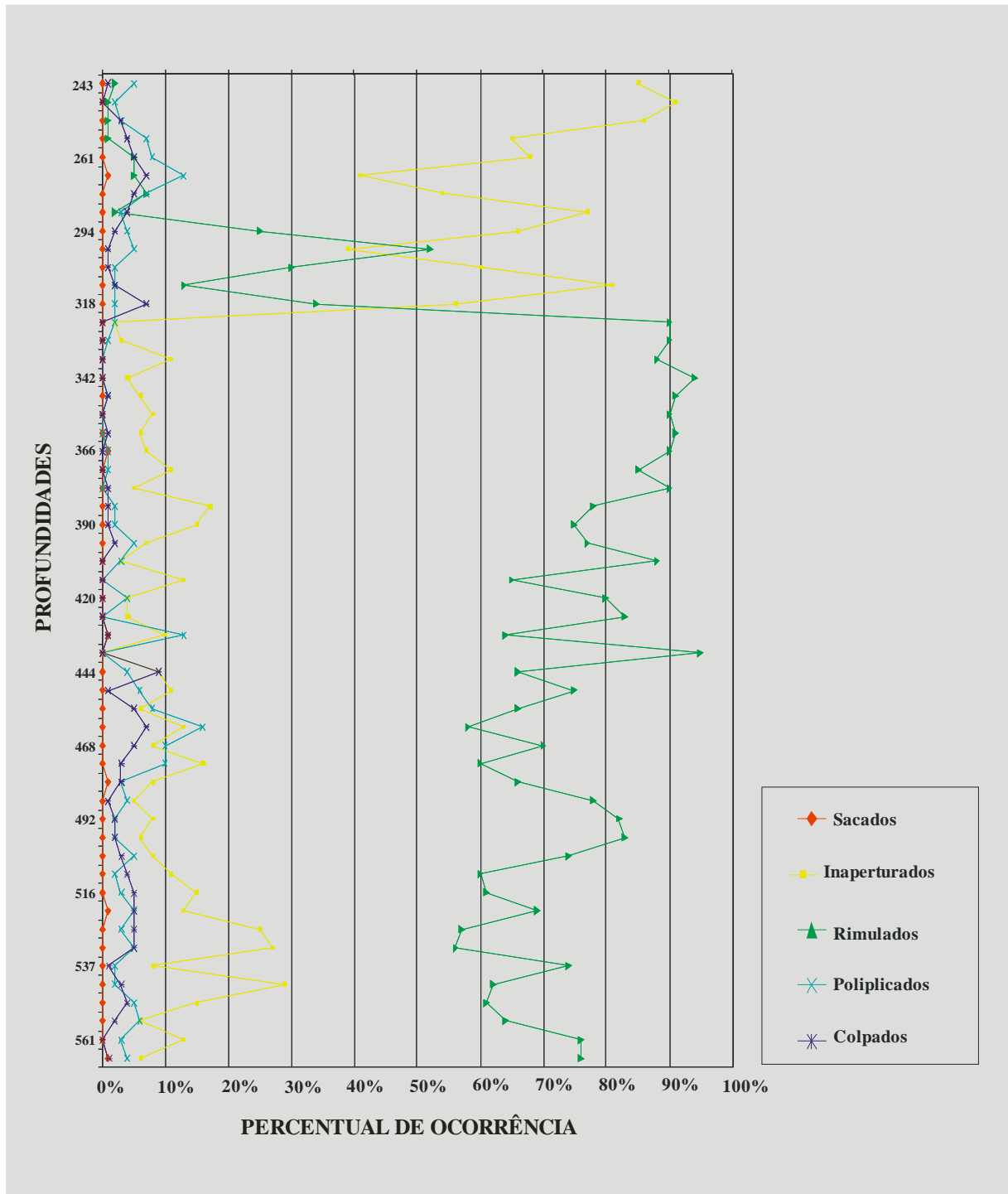


Figura 11- Distribuição dos grupos dos grãos de pólen ao longo da seção estudada.