

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, EDUCAÇÃO E LETRAS
COLEGIADO DO CURSO DE GEOGRAFIA

FERNANDA APARECIDA CECCHET

**CONJUNTO DE FITÓLITOS DOS ESTRATOS INFERIORES DA FLORESTA
OMBRÓFILA Densa (LINHARES – ESPÍRITO SANTO): SUBSÍDIOS PARA
RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL.**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

NOVEMBRO/2012

FERNANDA APARECIDA CECCHET

**CONJUNTO DE FITÓLITOS DOS ESTRATOS INFERIORES DA FLORESTA
OMBRÓFILA Densa (LINHARES – ESPÍRITO SANTO): SUBSÍDIOS PARA
RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL.**

Texto de qualificação apresentado na disciplina de monografia – Centro de Ciências Humanas, Educação e Letras – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Prof. Disciplina: (Dr.) José Edézio da Cunha.

Orientadora: (Dra.) Marcia Regina Calegari.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

NOVEMBRO/2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, EDUCAÇÃO E LETRAS
COLEGIADO DO CURSO DE GEOGRAFIA

FERNANDA APARECIDA CECCHET

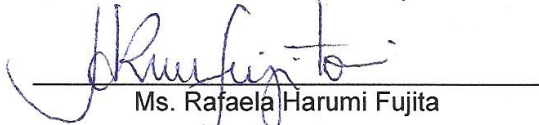
CONJUNTO DE FITÓLITOS DOS ESTRATOS INFERIORES DA FLORESTA
OMBRÓFILA DENSA (LINHARES – ESPÍRITO SANTO): SUBSÍDIOS PARA
RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Geografia – Centro de Ciências Humanas, Educação e Letras, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial da Disciplina de Monografia em Geografia.

Marechal Cândido Rondon, 05 de novembro de 2012.

Banca examinadora


Orientadora: Dra. Marcia Regina Calegari - Presidente


Ms. Rafaela Harumi Fujita


Ms. Leila Limberger

DEDICATÓRIA

Dedico em primeiro lugar a minha família que sempre esteve comigo me apoiando durante toda a minha graduação e que fez parte não só das minhas conquistas, mas me ajudaram nos momentos difíceis, em especial a minha mãe dona Cleide Guedes Cecchet a quem sigo como exemplo de força e coragem.

Dedico e agradeço também a minha orientadora Dr. Marcia Regina Calegari a quem devo toda ajuda e paciência durante a realização deste trabalho que muitas vezes além de nos orientar também nos ajudou com nossos problemas, nos consolou e nos incentivou a continuar batalhando pelos nossos sonhos.

As minhas eternas amigas, Daiana Caroline Refati, Luciane Marcolin e Paula Louíse (ap. 05) onde compartilhei os momentos mais incríveis destes quatro anos de universidade. Com elas sorri, chorei, briguei, conversei e desabafei muitas vezes. Nossas histórias ficaram eternizadas e serão contadas ainda por muitos anos.

A todos os meus amigos aqueles com quem estudei e também aqueles que mesmo longe estão sempre presentes na minha vida.

Por fim a Deus, que ilumina meus caminhos e me abençoa todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Carlos R. Pessenda pela confiança no grupo ao ceder as amostras para elaboração da Coleção de Referência que se concretiza, em parte, nesse trabalho.

A Reserva Vale pela permissão para amostragem das plantas por meio do projeto coordenado pelo professor L. C. R. Pessenda.

Ao Parobotânico Geovani Siqueira pela ajuda na coleta e identificação das espécies tratadas nesse trabalho.

Aos professores Margarita Osterrieth (Universidad Nacional de Mar del Plata-Argentina) e Marco Madella (Conselho Superior de Investigación Científica – CSIC-Baerelona, Espanha) por dar apoio e suporte conceitual/teórico e técnico na realização deste trabalho e pela participação na amostragem.

A professora Rafaela Harumi Fujita a quem devo a ajuda com os mapas.

Meu muito obrigado!

EPÍGRAFE

Tudo o que o homem ignora, não existe para ele. Por isso o universo de cada um, se resume ao tamanho de seu saber.

(Albert Einstein)

RESUMO

Conjunto de Fitólitos dos Estratos Inferiores da Floresta Ombrófila Densa (Linhares – Espírito Santo): Subsídios para Reconstrução Paleoambiental.

A distribuição atual dos biomas brasileiros, elaborado no período Quaternário, reflete as instabilidades dos climas passados. Vários estudos de microfósseis, análises polínicas e isotópicas, entre outras técnicas são utilizadas como meios para investigar o comportamento climático e suas implicações nos paleoambientes. A essas técnicas de investigação, soma-se a análise fitolítica, utilizada para complementar os estudos pertinentes ao tema. Fitólitos são corpos de sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), produzidos por plantas e após a morte de suas produtoras podem ser incorporados ao solo/sedimentos, podendo permanecer ali por longos períodos de tempo. Para que a análise fitolítica possa ser desenvolvida de forma consistente, há necessidade de coleções de referência que permitam comparações entre os fitólitos de plantas atuais, com aqueles encontrados nos solos e sedimentos. Entretanto, há uma carência muito grande destas coleções, que impede que os estudos sejam realizados, inclusive na área estudada da Floresta Ombrófila Densa- FOD (bioma Mata Atlântica). O objetivo desta pesquisa foi elaborar uma coleção de referência de fitólitos das espécies representativas dos estratos inferiores da FOD– Terras Baixas –Mata de Tabuleiro. Os procedimentos adotados para a extração de fitólitos foram adaptados de Campos & Labouriau, (1969) e Piperno (1998), os fitólitos foram nomeados conforme ICPN 1.0 (Madella et al., 2005). Os resultados indicaram que as espécies selecionadas são boas produtoras de fitólitos apresentaram quantidade e variedade significativas de fitólitos, à exceção da espécie representativa da família Bromeliaceae que apresentou baixa quantidade de fitólitos e a *A. arenaria* que produziu um único morfotipo, o *globular echinate*. A máxima multiplicidade foi observada na família Cyperaceae e um novo morfotipo (*conical base echinate*) apresentou potencial para ser usado como representativo da família Arecaceae. Foi demonstrada a afinidade fitolítica entre as espécies a partir dos conjuntos cada uma, reforçando o significado taxonômico de morfotipos como o *globular echinate* e os *conical*.

Palavras-Chave: Fitólitos; Coleção de referência; Reconstrução paleoambiental.

ABSTRACT

Reference collection of Phytoliths of Lower Strata from the Dense Ombrophilous Forest (Linhares – Espírito Santo): Subsides for paleoenvironmental reconstruction.

The current distribution of the Brazilian biomes, developed in Quaternary period, reflects the instability of past climates. Several studies of microfossils, pollen and isotopic analyzes, among other techniques are used as a means to investigate the climatic behavior and its implications for paleoenvironments. To these investigation techniques, one can sum up the phytolith analysis, used to complement the studies relevant to the topic. Phytoliths are bodies of amorphous silica ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), produced by plants, and after the death of their producers they can be incorporated into the soil/sediment, and may remain there for long periods of time. In order to carry out the phytolith analysis in a consistently way, there is a need of reference collections that allow comparisons between the current plant phytoliths, with those found in soils and sediments. However, there is a major lack of these collections, which prevents studies from being performed, including the studied area of the Dense Ombrophilous Forest - DOF (Atlantic Forest biome). The objective of this research was to develop a reference collection of phytoliths from representative species of the lower strata of the DOF – Lowlands – Mata de Tabuleiro. The procedures adopted for the extraction of phytoliths were adapted from Campos & Labouriau, (1969) and Piperno (1998), the phytoliths were named according to ICPN 1.0 (Madella et al., 2005). The results showed that the selected species are good producers of phytoliths and showed significant quantity and variety of phytoliths, except for representative species of the Bromeliaceae family, which showed low amounts of phytoliths and the *A. arenaria* that produced a single morphotype, the *globular echinate*. The maximum multiplicity was observed in the Cyperaceae family and a new morphotype (*conical base echinate*) presented potential to be used as representative of the Arecaceae family. The phytolith affinity among the species was demonstrated starting from the sets of each one, reinforcing the taxonomic significance of morphotypes such as the globular echinate and the conical ones.

Keywords: Phytoliths; Reference Collection; Paleoenvironmental reconstruction.

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Porcentagem de cinza final produzida pelas amostras	38
Tabela 2: Variabilidade no número de fitólitos produzidos por amostras e estatística descritiva do número de fitólitos produzidos.....	39
Tabela 3: Morfotipos produzidos pelo conjunto de plantas dos estratos inferiores da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Mata de Tabuleiro), município de Linhares (ES).....	41
Tabela 4: Conjunto de fitólitos identificado na família das Arecaceae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.	44
Tabela 5: Conjunto de fitólitos identificado na família das Cyperaceae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.	49
Tabela 6: Conjunto de fitólitos identificado na família da Poaceae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.	50
Tabela 7: Conjunto de fitólitos identificado na família da Pteridophytae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.	52
Tabela 8: Conjunto de fitólitos identificado na família da Bromeliaceae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.	53
Tabela 9: Descrição dos resultados da matriz de correlação Pearson para Análise de Componentes Principais.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfil esquemático da Floresta Ombrófila densa	28
Figura 2: Em destaque localização da área da Reserva Natural da Vale - RNV	33
Figura 3: Distribuição dos morfotipos identificados por espécie.....	43
Figura 4: Análise de componentes principais de variáveis relacionadas a produção de fitólitos no estrato arbóreo da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas, Linhares (ES) .a) Gráfico de autovetores das variáveis. b) Plano de elipses e dispersão das espécies agrupadas de acordo com a produção de fitólitos.	73
Figura 5; Agrupamentos estatísticos (clusters) dos morfotipos de fitólitos identificados e espécies representativas dos Estratos inferiores da Floresta Ombrófila – Linhares (ES).....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Espécies de Arecaceae, seu habitat natural e sua utilidade para o homem.	30
Quadro 2: Espécies amostradas na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Mata de Tabuleiro), município de Linhares (ES).....	34

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Material coletado	35
Foto 2: Material secando ao ar	35
Foto 3: Amostra embalada para armazenamento em laboratório	35
Foto 4: Amostras lavadas, prontas para a primeira calcinação.	36
Foto 5: Aspecto da amostra após a primeira calcinação.	36
Foto 6: Material nos cadinhos pronto para segunda calcinação.	36
Foto 7: Cinza final armazenada para preparação lâminas	36

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	REFERÊNCIAL TEÓRICO.	18
2.1	O Quaternário Brasileiro: Breve Revisão.....	18
2.2	Fitólitos: definições e aplicabilidade em estudos paleoambientais.	20
2.3	Taxonômia e nomenclatura dos fitólitos	22
2.4	Produção de fitólitos nas plantas	23
2.5	A importância das coleções de referência de fitólitos nos estudos de reconstrução paleoambiental.	24
2.6	Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas	26
2.7	Caracterização das Espécies.	28
2.7.1	Pteridophytaes	28
2.7.2	Angiospermas.....	28
2.7.2.1	Bromeliaceae.....	29
2.7.2.2	Arecaceae	29
2.7.2.3	Poaceae.....	30
2.7.2.4	Cyperaceae	31
3.	MATERIAIS E MÉTODO.....	32
3.1	Localização da área	32
3.2	Espécies selecionadas.....	34
3.3	Extração de fitólitos	35
3.4	Preparação de lâminas	37
3.5	Classificação dos fitólitos.....	37
3.6	Análise estatística.....	37
4.	RESULTADOS.....	38
4.1	Produção de fitólitos.....	38
4.2	Descrição dos fitólitos.....	42
4.2.1	Arecaceae	42
4.2.1.1	Allagoptera Arenaria	45
4.2.1.2	Attalea humillis	45
4.2.1.3	Astrocaryum aculealissinum	45

4.2.1.4. <i>Bactris caryotaefolia</i>	45
4.2.1.5. <i>Bactris bahienses</i>	45
4.2.1.6. <i>Bactris vulgaris</i>	46
4.2.1.7. <i>Euterpe edulis</i>	46
4.2.1.8. <i>Geonoma rodienses</i>	46
4.2.1.9. <i>Geonoma elegans</i>	46
4.2.1.10. <i>Polyandrococos caudescens</i>	47
4.2.2. Cyperaceae	47
4.2.2.1. <i>Cyperus distatus</i>	47
4.2.2.2. <i>Bequeria cimosa</i>	48
4.2.2.3. <i>Eleocharis insterctas</i>	48
4.2.2.4. <i>Eleocharis Sp.</i>	50
4.2.3. Poaceae.....	50
4.2.3.1. <i>Olyra latifolia</i>	50
4.2.4. Pteridophytae	51
4.2.4.1. <i>Adiantum Sp. A</i>	51
4.2.4.2. <i>Adiantum Sp. B</i>	51
4.2.5. Bromeliaceae.....	52
4.2.5.1. <i>Tillandsia usneoides</i>	52
4.4 Análise de componentes Principais e Cluster.....	72
CONCLUSÕES.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
APÊNDICES.....	82
Apêndice A- Descrição dos Principais Morfotipos Encontrados nas espécies analisadas.	82
Apêndice B - Tabela do tempo geológico	87

1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental, pela sua capacidade de questionar uma opção eminentemente política, social e inclusive civilizacional de desenvolvimento a partir dos riscos de mudanças climáticas, traz a tona os debates das problemáticas das relações entre o homem e o seu meio, problemática esta que deve ser apreendida em um contexto pluridisciplinar. Portanto, convém à geografia, participar deste debate (BESSAT, 2003, p.13).

Neste sentido um dos paradigmas da geografia tem como objeto explicar a organização e o funcionamento natural do meio o qual é um, entre outros, agente. O estudo das variabilidades temporais e espaciais dos fenômenos naturais e a sua análise em diferentes escalas espaciais são particularmente considerados em muitos estudos geográficos. Estes enfoques se revelam indispensáveis para a compreensão dos debates sobre evolução/mudanças do clima, em particular, sobre os reflexos e incidências dessas mudanças nos sistemas naturais e sociais (BESSAT, 2003, p.13).

A biogeografia como parte da ciência geográfica busca entender as interações, e a organização dos processos espaciais, ou seja, a biogeografia estuda as interações, a organização e os processos espaciais, dando ênfase aos seres vivos, que habitam determinado local (TROPPEMAIR, 2002, p.01). A biogeografia está sempre vinculada ao enfoque espacial, isso a diferencia das demais ciências como a biologia, a botânica, zoologia ou a ecologia.

A partir desse enfoque, o grupo GEA (Grupo Multidisciplinar de Estudos Ambientais) composto por professores e acadêmicos do curso de geografia da UNIOESTE (Campus Mal. Cândido Rondon), desde o ano 2000 vem desenvolvendo pesquisas relacionadas a questões ambientais na região Oeste do Paraná. Atualmente alguns de seus membros tem se dedicado a estudos das mudanças ambientais e reconstrução paleoambiental empregando a análise de fitólitos extraídos de solos associada a dados isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ e datações de ^{14}C em parceria com grupos de pesquisa do Centro de Energia na Agricultura – CENA/USP.

Os resultados extraídos a partir de pesquisas de Calegari (2008, p.177-178) apontaram a necessidade de estudos voltados a construção de coleções de referências de fitólitos de plantas modernas das diferentes fitofisionomias da vegetação brasileira para subsidiar e aprimorar a identificação e interpretação das assembléias de fitólitos encontrados em solo/sedimento e assim distinguir as diferentes vegetações que podem apresentar variações devido as características topográficas de umidade e de temperatura e seus reflexos na estrutura da vegetação em concordância com as condições climáticas.

*Delta carbono 13. **carbono 14.

As coleções de referência elaboradas a partir de partes de plantas vivas (folhas, raízes, flores, sementes) constituem o primeiro passo para uma correta análise da assembléia de fitólitos, por vezes fósseis. É essa assembléia de fitólitos armazenada nos solos e sedimentos que fornece informações para inferir ambientes e reconstruir as condições paleoclimáticas de uma área, bem como de uso e costumes de um povo quando extraídas de sedimentos arqueológicos.

No Brasil, o uso desta técnica ainda é incipiente e visando colaborar com estudos de gênese de solos e evolução de paisagens constata-se a necessidade de elaboração de coleções de referência de diferentes fitofisionomias de nosso país, levando em consideração que todos os estudos de reconstrução (BORBA- ROSHEL et al., 2006; CALEGARI, 2008) realizados até o presente foram baseados em coleções de referência de biomas extraídos e identificados fora do Brasil.

Dentro dos domínios morfoclimáticos brasileiros a Floresta Ombrófila Densa constitui a segunda maior floresta tropical. O calor e a forte umidade foram essenciais para gerar solos férteis e garantir uma mata tropical (AB'SABER, 2003, p. 45-46), sendo que 80% das espécies encontradas dentro do Domínio Atlântico são endêmicas dessa região (STEHMANN et al, 2009, p.08), ou seja, devido a sua riqueza na florística a coleção de referência vai ser assim a base para diversos estudos multi e interdisciplinares na geografia, como também através desses estudos será possível realizar estudos de reconstrução paleoambiental interligando vários outros ramos da ciência o que resultará em uma maior credibilidade na interpretação e análise fitogeográfica dessa área.

Este projeto faz parte de um projeto maior em parceria com pesquisadores do CENA/USP, que possuem vários grupos de estudos distribuídos no Brasil, com o objetivo de trabalhar com reconstrução paleoambiental usando os fitólitos como principal ferramenta de estudo.

Assim propomo-nos como **objetivo geral** a elaboração de uma coleção de referência de fitólitos extraída de plantas modernas que compõe um fragmento dos diferentes extratos da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (mata de tabuleiro), localizada em Linhares (ES), na Reserva Natural da Vale (RNVALE).

Especificamente visa:

- Extrair fitólitos das folhas de espécies herbáceas e arbustivas;
- Identificar e classificar os morfotipos de silicofitólitos em nível de família;

- Estabelecer quais as espécies produtoras de fitólitos
- Estabelecer as variações de produção e o significado taxonômico e ambiental de cada espécie analisada.

O trabalho foi dividido em quatro partes principais. Primeiramente um levantamento bibliográfico sobre o Quaternário no Brasil, os estudos de reconstrução paleoambiental utilizando os fitólitos como *Proxy* ambiental e a importância das coleções de referência em específico as coleções da Floresta Ombrófila Densa com a caracterização de todas as espécies amostradas.

Em seguida os materiais e o método usado para a extração, contagem e identificação de todos os morfotipos identificados nas 5 famílias estudadas que são apresentados na coleção de referência. Por fim a apresentação e discussão dos resultados e as conclusões finais obtidas a partir dessa pesquisa.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.

2.1 O Quaternário Brasileiro: Breve Revisão

Entender o que ocorreu no passado significa compreender o nosso presente e estimar acontecimentos futuros. As mudanças climáticas e ambientais provavelmente serão um dos problemas mais graves e desastrosos com que a humanidade terá que lidar no futuro.

A distribuição irregular dos oceanos, continentes e ilhas, as diversas formas do relevo, os diversos climas, composições de rochas e solos são alguns entre os vários fatores determinantes da distribuição da fauna e da flora na superfície terrestre em todo planeta (PEREIRA & ALMEIDA, 2010, p.195). Os processos remodeladores que deram origem a nossa atual paisagem são relativamente recentes, as maiores mudanças ocorreram no Quaternário com uma escala de atuação que gira em torno de alguns milhares ou dezenas, quando muito, centenas de milhares de anos. (AB'SÁBER, 2003, p. 09).

Apesar da grande interferência do homem com relação ao meio ambiente, ainda existe a possibilidade de caracterização dos espaços naturais na tentativa de reconstrução da estrutura espacial primária do mesmo. O que torna o Quaternário um período único é justamente a presença do homem e sua interação com o meio ambiente. A arqueologia hoje se usa de diversas técnicas na reconstrução dessa história (KIPNIS e SCHEEL-YBERT, 2005, p.344). Conhecer a história ambiental e social do nosso planeta significa gerar conhecimentos sobre as relações do passado - sociedade e meio ambiente - e gerar novas soluções para ofuturo da humanidade e do planeta.

O termo Quaternário é usado para definir os últimos 11.700 anos da Terra, (ICS, 2012). O Quaternário foi um período de importantes mudanças ambientais, possivelmente maiores do que qualquer outro momento nos últimos 60 milhões de anos, portanto a compreensão das variações climáticas e as mudanças durante esse período ajudam a compreender o clima atual (BRADLEY, et al, 1999, p.2).

A dificuldade em entender as mudanças ocorridas durante o Quaternário só aumentam com relação aos registros climáticos. Abrangendo apenas uma pequena fração da história climática da Terra esses registros tornam as evidências e hipóteses sobre as mudanças climáticas e a evolução do clima pouco confiável. Uma perspectiva mais ampla e precisa pode ser feita através de estudos de registros de *Proxies* ambientais (pólen, espículas de esponja, fitólitos etc.) (BRADLEY, et al, 1999, p.1).

Em todo o mundo e principalmente no Brasil os estudos sobre o Quaternário ainda são recentes, há muito que pesquisar levando-se em consideração as mudanças paleoclimáticas. Cronologicamente pode-se perceber que as primeiras fases desses estudos ocorreram nas primeiras décadas do século XX, com os estudos de Darwin. Já em 1970 Tricart se torna um importante pesquisador dentro da geografia física com ênfase aos estudos do Quaternário. No Brasil se destacam Bigarella e Aziz Ab' Sáber com várias pesquisas realizadas em sítios arqueológicos no interior do continente e nas planícies costeiras ainda nas décadas de 1960 e 1970 (SUGUIO, et al, 2005, p.25-26).

Os estudos sobre o Quaternário tiveram grandes evoluções especialmente nas últimas décadas (OLIVEIRA, et al. 2005, p.53), com a criação da ABEQUA (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário) em 1984, a partir de então as pesquisas se tornaram mais numerosas e com maior credibilidade devido a grande potencialidade de aplicação prática principalmente nas questões ambientais (SUGUIO, et al, 2005, p.26-27). Nesse sentido vários trabalhos foram realizados sobre a história da região nuclear do Cerrado, dos Campos da região sul e sobre a Floresta Amazônica, mas muitas áreas ainda não possuem sua história ecológica levantada ou são pouco exploradas, como é o caso de parteda Floresta Atlântica e da Caatinga.

A floresta Atlântica é considerada a segunda maior floresta tropical do Brasil, em sua estrutura primária abrangia cerca de um milhão de quilômetros quadrados. Seu quadro fisiográfico e ecológico se estendem do sudeste do Rio Grande do Norte até o sudeste de Santa Catarina, principal área da colonização portuguesa e evidentemente a que mais sofreu com a interferência do homem europeu (AB'SABER, 2003, p.45-46).

Desde os primeiros estudos realizados nos Alpes sobre as variações climáticas do Quaternário, se questionava sobre o que possivelmente teria ocorrido nas regiões tropicais e equatoriais nessa mesma época.

Segundo Ab'Saber (2003, p. 51-54) as mudanças ocorridas entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno (durante a última glaciação) foram marcadas pelo baixo nível do mar (cerca de 100 metros abaixo do nível atual), temperaturas médias que mundialmente baixaram de 3 a 4 graus, o que tornou bem mais frias as regiões subtropicais e temperadas e levou ao deslocamento das correntes marítimas frias, ao leste do continente. Na região influenciada até então pelas correntes quentes, as correntes frias impediam a entrada de umidade atlântica, o mar, como estava mais distante da costa, contribuiu para a expansão do clima semi-árido ao longo do litoral brasileiro, ou seja, houve a regressão das florestas e a formação da vegetação aberta inter e subtropical devido ao clima seco determinado pelas correntes frias. No Brasil

central formaram-se grandes Cerrados cercados por Caatinga com raros refúgios de Floresta. Na região amazônica, formou-se uma segunda área de cerrado com refúgios de Floresta, Florestas de Galerias e Caatinga, no sul a formação de Florestas temperadas.

Esse modelo propõe para a América do Sul um clima mais seco durante o Quaternário, se comparado ao atual, onde nas regiões de Cerrado se expandiu a Caatinga e o cerrado avançou sobre as florestas restando apenas alguns refúgios florestais. Durante muitos anos essa teoria foi aceita e usada em muitos estudos paleoambientais, hoje já existem alguns questionamentos a respeito dessas evidências através de estudos de registros palinológicos, porém estudos de datação e de isótopos de carbono têm corroborado com a teoria sobre os refúgios (KIPNIS & SCHEEL-YBERT, 2005, p.345).

Os estudos de reconstrução paleoambiental dos principais ecossistemas brasileiros durante o Pleistoceno superior e o Holoceno foram baseados principalmente em registros palinológicos de sedimentos lacustres. Hoje vários estudos desses registros estão sendo associados com datações do C^{14} . A vantagem dos estudos de fitólitos associadas a datação do ^{14}C pode ser utilizada em qualquer região onde há vegetação nativa e solos relativamente profundos, isso não é possível nas análises palinológicas, pois a coleta das amostras só pode ser realizada em lugares com condições redutivas (hidromórficas). Outra vantagem do C^{14} são os resultados bastante confiáveis para diferenciar a vegetação C_3 e C_4 (ciclo fotossintético C_3 – floresta e C_4 – campo) e suas possíveis mudanças. Ressalta-se ainda que fragmentos de carvão soterrados nos solos permitam complementar as informações e identificar as espécies de plantas provenientes da amostra, quando se tem somente a datação isotópica se torna inviável essa identificação vegetacional por espécies (PESSENDA, et al, 2005, p.76).

Existem, porém outros marcadores ambientais (*proxies*) além dos isótopos de carbono e dos registros palinológicos, como é o caso das diatomáceas, espículas de esponjas e dos fitólitos. Quase sempre estes *proxies* são usados em conjunto e se complementam.

2.2 Fitólitos: definições e aplicabilidade em estudos paleoambientais.

Fitólito, do grego “pedra produzida por plantas”, é o termo que tem sido usado para identificar todas as formas de substâncias mineralizadas produzidas pelas plantas, sejam eles formados por sílica hidratada (ácido monossílico) ou oxalato de cálcio (ROVNER, 1971, PIPERNO, 1988)

Os fitólitos de sílica (silicofitólitos), doravante chamados fitólitos, se formam quando a planta não usa a sílica para todos ou alguns processos metabólicos e deposita esta sílica, ou

parte dela, em forma de gel dentro e entre as cavidades em sua estrutura celular. Este gel, com o aumento na concentração e dessecação da planta gradualmente se cristaliza, tornando-se partículas sólidas no tamanho da fração silte (PIPERNO, 2006.p.20). Quando a planta morre e chega ao solo, os fitólitos são liberados para serem incorporados ao solo por processos de erosão, transporte e deposição como qualquer outra partícula sedimentar (THORN, 2007, p. 153).

Assim podemos resumir que os fitólitos são corpúsculos microscópicos de sílica depositados nas cavidades entre e intracelular, preenchidas tridimensionalmente em algumas plantas vivas (ROVNER, 1971; PIPERNO, 2006; THORN, 2007). São formados devido à absorção do ácido monossílico dissolvido ($\text{Si}(\text{OH}_4)$) do soluto do solo durante o crescimento da planta e apresentam potencial para aportar informações arqueológicas e paleoambientais significativas sobre uma área (PIPERNO, 2006; THORN, 2007; RAPP e MULHOLLAND, 1992).

Inúmeros são os termos usados para designar os corpos silicosos identificados em plantas, como por exemplo, corpos silicosos; silicofitólitos, fitólitos de opala, opala de plantas, sílica opalina, células de sílica, sílica biogênica, biolitos e até mesmo a grama de opala (CAVALCANTE, 1968; PIPERNO, 1988; THORN, 2007). O último termo grama de opala é mais restritivo porque determina uma origem específica, enquanto que os demais só determinam corpos formados por sílica, por isso é pouco utilizado na literatura.

A história das pesquisas fitolíticas no mundo e na América do Sul foi revista por Zucol et al (2008, p.4-5). Neste trabalho os autores relatam os quatro períodos da história das pesquisas com fitólitos:

1. Período de descobrimento e exploração (1804-1895)
2. Período de estudos botânicos (1895-1936)
3. Período de estudos ecológicos (1955-1975)
4. Período de estudos arqueológicos e paleoecológicos (desde 1971)

Atualmente na geografia, os estudos com os fitólitos têm auxiliado em dois tipos de pesquisa:

- a) a sistemática de fitólitos modernos das plantas;
- b) a comparação e interpretação dos fitólitos recuperados nos sedimentos.

A combinação de uma boa produção de fitólitos em plantas modernas aliado a uma boa preservação nos solos e sedimentos torna-se um grande potencial para trabalhos biogeográficos, pedológicos, arqueológicos e paleoambientais em geral. A identificação dos

fitólitos nos solos e sedimentos é baseada diretamente em um conhecimento detalhado da produção dos fitólitos nas plantas modernas (RAPP e MULHOLLAND, 1992, p.3).

Existem, porém dois problemas que dificultam a análise fitolítica: a multiplicidade e a redundância (ROVNER, 1971, p. 349):

- multiplicidade, nome dado quando uma mesma planta produz diferentes morfotipos.
- redundância, definição para o fato de o mesmo morfotipo ser produzido em diferentes tecidos de uma mesma planta e por diferentes plantas.

As vantagens que esse *Proxy* oferece são que existem uma abundância de fitólitos bem preservados em solos e sedimentos e os campos e capoeirões podem ser claramente distinguidos através da análise fitolítica em solos bem drenados (ambientes oxidados), enquanto que essa identificação não pode ser realizada por meio de grãos de pólen nesse mesmo ambiente ou até mesmo devido a sua própria escassez em determinadas áreas (THORN, 2007, p. 154-155). Os fitólitos apresentam grandes vantagens principalmente porque são facilmente preservados e relativamente robustos, compostos de uma substância relativamente inerte. Sua solidez e compactação não permitem em geral danos mecânicos dentro do registro fóssil. (THORN, 2007, p. 155).

2.3 Taxonomia e nomenclatura dos fitólitos

A identificação e classificação dos morfotipos de fitólitos desde a fase inicial de desenvolvimento da Fitolitogia (ZUCOL, et al, 2008, p.03), têm alimentado discussões, devido a falta de uma padronização na nomenclatura adotada.

Atualmente está em uso (desde 2005) uma sistemática proposta por membros da Sociedade internacional de Fitólitos, o *International Code Phytolith Nomenclature – ICPN 1.0* desenvolvido e organizado por Madella et al (2005). Esta proposta nasceu dos estudos das abordagens anteriores de caráter taxonômico, tipológico e taxonômico-tipológico.

A classificação taxonômica procurava identificar o morfotipo fazendo referência à estrutura do tecido da planta original, e considera os fitólitos como uma das características anatômicas de determinadas espécies, por exemplo, estômatos ou os *bulliforms*. Cada uma destas categorias tem uma origem definida pela anatomia, e uma forma que é repetitiva, bem definida e facilmente identificável. A taxonomia é projetada para trabalhar com tecidos de planta moderna ou material articulado de sítios arqueológicos e geológicos, mas pode não ser adequada para o material desarticulado encontrado no solo. Em geral, a maioria dos fitólitos

de recuperação (com algumas exceções) são partículas discretas dispersas no solo ou no material arqueológico (PIPERNO, 1988; TWISS, 1969).

A classificação tipológica é definida como o estudo e a interpretação dos morfotipos de silicofitólitos e nesse caso são consideradas as formas (morfologia) dos corpos de sílica e não o tipo de tecido onde foram gerados, diferenciando assim da classificação taxonômica.

O *Internacional Code Phytolith Nomenclatura* – ICPN 1.0 é a junção entre a taxonomia e a tipologia dos fitólitos (taxonômicos-tipológico) e têm o objetivo de uniformizar a classificação fitolítica e facilitar a comunicação entre os pesquisadores em suas análises comparativas das várias formas de fitólitos em todo o mundo.

Os registros fitolíticos do Quaternário são extremamente úteis nesse sentido particularmente nas áreas quentes do globo, também conhecidas por terem poucos macro e micro fósseis de plantas.

2.4 Produção de fitólitos nas plantas

Os fitólitos são produzidos nas folhas de gramíneas ou lenhosas, principalmente na epiderme, porque, se há evapotranspiração é na epiderme das folhas que a água evapora e assim, conseqüentemente, o ácido monossilíco é tão grande que a sílica não circula e se precipita. No tronco de árvores ou de arbustos ou ainda nas raízes de gramíneas e lenhosas encontra-se informação taxonômica muito baixa ou nula com morfotipos muito repetitivos e pouco característicos (COE, 2009; THORN, 2007).

Segundo Rapp e Mulholland (1992) as plantas armazenam a sílica em sua estrutura vegetal por várias razões como:

- 1) Necessidade de suporte mecânico para as células melhorarem a arquitetura das folhas e conseqüentemente beneficiando a fotossíntese;
- 2) Atribuir rigidez à estrutura das plantas;
- 3) Proteger a planta de parasitas e herbívoros;
- 4) Neutralizar ânions e cátions prejudiciais para a planta, como o alumínio.

O desenvolvimento dos fitólitos nas plantas está relacionado com uma série de fatores, como por exemplo, o meio ambiente de crescimento dessa planta (clima), a natureza do solo, a quantidade de água armazenada no solo, a idade da planta e principalmente a afinidade/capacidade taxonômica da própria planta na produção dos corpos de sílica.

A sílica solúvel pode estar armazenada principalmente em solos derivados do intemperismo de minerais de quartzo e feldspato. Os solos tropicais nesse sentido podem ter uma maior concentração de sílica em relação a outros tipos de solo. Estudos mostram que a absorção da sílica pelas plantas aumenta conforme o teor de água e talvez até mesmo com a temperatura do solo. O arroz, por exemplo, possui um teor alto de absorção de sílica é provável que seja um dos mais altos entre as gramíneas uma explicação para tal fenômeno estaria em seu cultivo a partir de solos com muita água (PIPERNO, 1988, p. 12-14).

Uma vantagem dos solos mal drenados é a possibilidade de análises de grãos de pólen, já em solos bem drenados e antigos os registros palinológicos se perdem facilmente. Vários estudos foram feitos com amostras de solo para a extração de fitólitos em regiões temperadas ou em ambientes hidromórficos onde a concentração de dióxido de ferro é baixa. Em estudos feitos sobre o significado paleoambiental do horizonte húmico em Latossolos, vários problemas ocorreram relacionados com a grande concentração de dióxidos de ferro e alumínio e também uma grande quantidade de matéria orgânica (CALEGARI, 2008, p. 109) gerando assim a necessidade de outros testes para ajustar a metodologia do estudo, que foi apresentada em Calegari et al. (2011a).

É importante ressaltar que os fitólitos variam em tamanho e forma de acordo com o tecido em que se formou, porém nem todas as plantas produzem fitólitos identificáveis. A produção é comum tanto nas monocotiledôneas como nas eudicotiledôneas, famílias como as Poaceae (gramíneas), Cyperaceae, Ulmanaceae, Fabaceae ou Leguminosae são conhecidas como produtoras de fitólitos identificáveis (RAPP e MULHOLLAND, 1992, p. 02). Os níveis mais altos de produção de fitólitos estão presentes na família da Poaceae (gramíneas) chegando a alcançar níveis até 20 vezes mais que outras espécies como é o caso das lenhosas.

As técnicas de extração variam conforme os objetivos da pesquisa e conforme vários fatores que envolvem a formação do fitólito na planta, até mesmo a sua incorporação no solo pode ou não favorecer as análises em laboratório e trazer/aportar registros mais significativos para a reconstrução paleoambiental.

2.5 A importância das coleções de referência de fitólitos nos estudos de reconstrução paleoambiental.

As coleções de referência de fitólitos podem ser uma importante ferramenta na reconstrução paleoambiental, ainda pouco explorada, se torna importante para os estudos de

reconstrução, pois permitem uma análise comparativa da vegetação pretérita com a vegetação atual. As coleções permitem a identificação das plantas por famílias e até mesmo espécies, ou seja, garante uma análise consistente das assembléias de fitólitos preservadas em amostras de solos e sedimentos.

A realização desses estudos é importante, especialmente em regiões tropicais, onde se encontra uma grande biodiversidade e estruturas morfológicas da vegetação passíveis de preservação em solos e sedimentos pouco conhecidas como é o caso dos fitólitos (SCHEEL-YBERT, 2005, p.01). As coleções de referência em regiões tropicais e subtropicais ainda são incipientes, apenas alguns trabalhos foram realizados nesse sentido, como Runge (1999) e Raitz (2012).

Runge (1999) analisou amostras de solos de superfícies e perfis da floresta tropical localizada no Congo e de gramíneas na África Central. Com as amostras produziu um esquema de classificação preliminar dos fitólitos. Esse sistema de classificação foi utilizado para a contagem dos fitólitos no solo e posteriormente fazer as devidas comparações. Foram constatadas variações temporais na composição da vegetação atual, através de análises comparativas e uma grande quantidade de fitólitos foram encontrados nas amostras como, por exemplo, os de Poaceae que já foram estudados e identificados em outras partes do mundo devido a sua representatividade vegetacional. Os resultados foram satisfatórios para a descrição e reconstrução paleoambiental dessas áreas de estudo e tiveram como objetivo melhorar a interpretação das assembléias de fitólitos fósseis.

Mais recentemente Raitz (2012) estudou a produção de fitólitos da vegetação especificamente brasileira e elaborou uma coleção de referência de fitólitos da fitofisionomia da Floresta Ombrófila Mista e do Campo localizado no Sudoeste do Paraná. Amostras de solo também foram coletadas para a análise e identificação dos fitólitos em solos e sedimentos. Raitz (2012) constatou uma variação na produção de fitólitos conforme o estrato vegetal estudado e com relação às amostras de solo observou mudanças vegetacionais, o que posteriormente era uma vegetação mais aberta evoluiu para uma floresta mais fechada que encontramos atualmente, com relação as amostras coletadas no campo a vegetação evoluiu de campo limpo para campo sujo e novamente para campo limpo. Essas mudanças foram provocadas devido as atividades antrópicas realizadas em determinada época nessa área.

Outros trabalhos foram desenvolvidos a partir da identificação das formas de fitólitos como é o caso de Kealhofer e Piperno (1998) no Sudeste da Ásia e Piperno e Pearsall (1998) na América do Norte.

O primeiro trabalho teve como objetivo investigar a produção e a morfologia dos fitólitos na flora do Sudeste Asiático em particular na flora Tailandesa. As amostras foram escolhidas e coletadas segundo três critérios:

- i) Produção conhecida de fitólitos em gêneros afins ou famílias de outras regiões do mundo;
- ii) Espécies conhecidas por seu valor econômico e;
- iii) A especificidade do habitat das espécies e, portanto, seu potencial como um indicativo ambiental (KEALHOFER e PIPERNO, 1998, p.01).

As amostras foram divididas em folhas, inflorescências, frutos e raízes, quando possível, para a identificação de seus morfotipos em cada parte da planta.

Nos estudos de Piperno e Pearsall (1998) na América do Norte os objetivos foram:

- i) Proporcionar uma chave para os tipos e distribuição de fitólitos na flora tropical americana que serão utilizadas na paleobotânica e;
- ii) Determinar até que ponto a identificação dos fitólitos pode ser definida em subfamílias, tribos e gêneros com fitólitos recuperados de solos e sedimentos (PIPERNO e PEARSALL, 1998, p.01).

Todos os estudos feitos até o momento foram importantes para a classificação e identificação dos morfotipos de fitólitos em plantas modernas e suas análises comparativas com solos e sedimentos coletados em várias partes do mundo.

Esses trabalhos contribuíram de forma positiva para a reconstrução paleoambiental de diferentes ambientes e climas e a proposta da coleção de referência da Floresta Ombrófila Densa é justamente contribuir com os estudos já realizados a partir da classificação e identificação de fitólitos de espécies típicas desse domínio morfoclimático assim como contribuir com os estudos ligados diretamente com a Geografia como, por exemplo, a biogeografia, a pedologia, a geomorfologia e a climatologia.

2.6 Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas

A Mata Atlântica ou Floresta Ombrófila Densa é a segunda maior floresta tropical do Brasil. Em sua estruturação espacial primária abrangia cerca de 1,3 milhões de Km², hoje restam apenas cerca de 50 mil Km², menos de 5% da área original (IBAMA, 2012). O quadro fisiográfico e ecológico desta vegetação se estende do sudeste do Rio Grande do Norte até o sudeste de Santa Catarina. A forte umidade proveniente do avanço da frente fria gera ar

úmido proveniente do Atlântico bem como a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZACS) foram essenciais para gerar solos férteis (oxissolos) e garantir uma mata tropical, pois o calor e a umidade dessa região foram os grandes responsáveis pela formação vegetal deste domínio morfoclimático (AB'SABER, 2003, p.45-46).

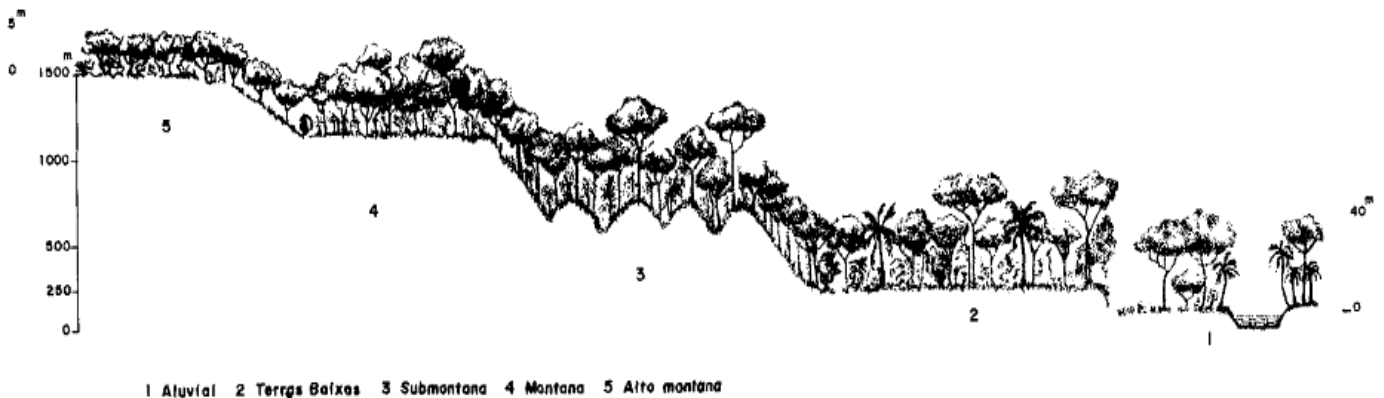
A Mata Atlântica faz limite em grande parte de sua extensão com a restinga e de outro lado com a faixa de transição para os demais ecossistemas, isso de norte a sul do Brasil. Dentro desse domínio morfoclimático a Floresta Ombrófila Densa das terras baixas é uma formação que em geral ocupa as planícies costeiras capeadas por tabuleiros pliopleistocenos do Grupo Barreiras. Ocorre desde a Amazônia estendendo-se por todo o nordeste até próximo do rio São João, no Rio de Janeiro (PIMENTA, 1991, p. 66).

Um estudo realizado por Stehmann, et al. (2009, p.8) relata que mais da metade da riqueza de espécies de plantas, (cerca de 60%) e a maior parte dos endemismos, (cerca de 80%) são encontrados na Floresta Ombrófila Densa, entre todas as diferentes formações do Domínio Atlântico. A ordem de importância em números de espécie endêmica por formação é a seguinte: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, Formações Campestres, Floresta Ombrófila Mista, Restinga, Afloramentos Rochosos, Floresta Estacional Decidual, Manguezal e Formações Aquáticas.

O autor ressalta ainda que a fragmentação e a perda constante de habitats do Domínio da Mata Atlântica deixaram poucos ecossistemas extensos e intactos, várias espécies já se encontram ameaçadas de extinção, como por exemplo, a Restinga que cobre a planície quaternária da costa brasileira e é considerado hoje o ecossistema mais ameaçado de extinção.

Conclui-se que uma base de dados dinâmica e atualizada impede o monitoramento e a avaliação nos indicadores de mudanças dessas áreas dentro da Floresta Atlântica. O conhecimento dessa flora ainda é mínimo e para que ocorra a conservação dessa flora é fundamental não só conhecer em detalhes os centros de riqueza de espécies e aumentar as áreas de proteção como também compreender os processos históricos e evolutivos que contribuíram para tamanha diversidade em uma das maiores florestas tropicais do planeta (STEHMANN, et al. 2009, p.9-10).

Figura 1: Perfil esquemático da Floresta Ombrófila densa



Fonte: PIMENTA, 1991, p.68.

A grande riqueza de espécies é o que caracteriza o levantamento florístico da Floresta Ombrófila Densa, maior muitas vezes que em algumas regiões da Amazônia.

2.7 Caracterização das Espécies.

2.7.1 Pteridophytaes

As Pteridophytaes são plantas vasculares sem sementes que apresentam ciclos de vida com alternância de gerações. São plantas que possuem talos, folhas e raízes, porém sem flores e sementes, reproduzem-se por esporo. Alta temperatura e muita umidade constituem o habitat deste grupo (TROPPEMAIR, 2002, p.29). A maior parte das espécies de Pteridophytaes está distribuída nas regiões tropicais do planeta. Nas Américas estima-se a ocorrência de 3.250 espécies. Na Floresta Atlântica foram registradas 840 espécies cerca de 70% das espécies brasileiras (SALINO E ALMEIDA, 2009, p.19-23). Dentro da família das Pteridophytaes foram amostradas duas espécies *Adiantum Sp.A* e a *Adiantum Sp.B*.

2.7.2 Angiospermas

As angiospermas compreendem as plantas que produzem flores e frutos é também o grupo de plantas mais diversificado, distribuídos em todas as regiões do planeta. (STEHMANN, et al. 2009; TROPPEMAIR, 2002) As angiospermas são divididas em dois grupos: as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas (STEHMANN, et al. 2009, p.29).

Dentro do grupo das monocotiledôneas foram amostradas as seguintes famílias: Bromeliaceae, Arecaceae, Poaceae e a Cyperaceae.

2.7.2.1. Bromeliaceae

As Bromeliaceae possuem uma distribuição neotropical com exceção de uma única espécie de *Pitcairnia* que ocorre na África Ocidental. A família da Bromeliaceae compreende cerca de 60 gêneros, sendo que no Brasil podemos encontrar cerca de 40 gêneros e 1.200 espécies. A maioria das Bromeliaceae são potencialmente ornamentais, o que vem causando o declínio das populações naturais dessa espécie. São muito comuns em florestas úmidas, principalmente na Mata Atlântica, sendo assim, uma das principais famílias entre as epífitas.

Uma das espécies mais amplamente distribuídas é a barba-de-velho (*Tillandsia usneoides*), comum em vários ecossistemas e que em nada lembra uma Bromeliaceae por ter ramos longos e esbranquiçados pendentes nas árvores, sua aparência foi o que motivou a ser chamada de barba-de-velho (SOUZA E LORENZI, 2008, p. 177).

2.7.2.2. Arecaceae

As Arecaceae ou popularmente conhecidas como palmeiras são representadas por cerca de 2.700 espécies reunidas em torno de 240 gêneros. São plantas características da flora tropical usadas como ornamentações em jardins ou ainda exploradas economicamente na alimentação humana (LORENZI, et al. 2010, p. 9). As palmeiras estão entre as plantas mais antigas do globo e seus vestígios remontam há mais de 120 milhões de anos. Nem sempre foram de clima tropical, e até hoje diversas espécies são encontradas fora das regiões subtropicais (LORENZI, et al. 2010, p.9). O Quadro 1 apresenta as espécies de Arecaceae que foram selecionadas para a extração dos fitólitos, seu habitat natural e a sua utilização dentro das atividades antrópicas.

Quadro 1: Espécies de Arecaceae, seu habitat natural e sua utilidade para o homem.

Espécie	Habitat	Utilidade
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>	Ocorre na costa Atlântica nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rios de Janeiro São Paulo e Santa Catarina, em matas úmidas de baixa altitude, em solos não inundáveis, em capoeiras e pastagens.	Apresentam potencial para cultivo no paisagismo, assim como sua madeira é usada na construção e confecção de arcos e flechas pelos índios, seus frutos tem propriedades medicinais e o óleo das amêndoas é usado como vermífugo.
<i>Allagoptera arenaria</i>	Planície litorânea, de Sergipe até o Paraná, em Dunas ou áreas de restinga, em solos bastante arenosos.	Grande potencial ornamental, seus frutos são comestíveis, com as folhas fabrica-se balaies e cestos.
<i>Attalea humilis</i>	Mata Atlântica, da Bahia a São Paulo, formando grandes colônias, tanto no interior da floresta como em áreas abertas, desmatadas ou conturbadas.	As folhas são usadas como cobertura de casas e sombreamento na agricultura. Do fruto se extrai óleo comestível, também usada como ornamentação de jardins.
<i>Bactris bahiensis</i>	Sub-bosque da floresta Atlântica úmida, sobre vários tipos de solo, desde o nível do mar até 350 m de altitude, distribuído nos estados da Bahia, Espírito Santo e Rios de Janeiro.	Seus frutos são comestíveis e a planta é usada como ornamentação principalmente no cultivo em vasos destinados a decoração no interior e sacadas de casas.
<i>Bactris caryotifolia</i>	Mata Atlântica, em florestas secundárias, sob solos argilosos, em encostas bem drenadas ou várzeas de solo arenoso. Distribuída entre Rio de Janeiro e sul da Bahia.	Potencial ornamental devido sua coloração, pode ser cultivada em vasos ou jardins de meia-sombra assim como em regiões tropicais e subtropicais de inverno ameno.
<i>Bactris vulgaris</i>	Floresta Atlântica costeira, sobre solos argilosos, do Rio de Janeiro, Minas Gerais até a Bahia.	Frutos são muito procurados pela fauna terrestre. Pode ser usado na ornamentação, porém é pouco utilizado devido seus espinhos.
<i>Geonoma rodienses</i>	-	-
<i>Geonoma elegans</i>	Ocorre no Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Em solos bem drenados desde o nível do mar até 700 m e altitude. É muito sensível aos distúrbios da vegetação.	As folhas são usadas em arranjos florais para decoração. Uso ornamental em jardins ou em locais com pouca iluminação.
<i>Polyandrococos caudescens</i>	-	-
<i>Euterpe edulis</i>	Do sul da Bahia e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul na Mata Atlântica e em Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná. Na bacia do rio Paraná, também ocorre na Argentina e Paraguai.	Seu principal produto é o palmito, fato que tem causado o quase desaparecimento da espécie em algumas áreas pela exploração da palmeira. Também é usada como fins paisagísticos.

Fonte: LORENZI, et al. 2010.

2.7.2.3 Poaceae

As gramíneas (Poaceae) possuem uma distribuição cosmopolita incluindo em média cerca de 700 gêneros e 1.000 espécies, sendo que no Brasil são encontrados cerca de 170 gêneros e aproximadamente 1.500 espécies, sendo assim a principal família de angiospermas do ponto de vista econômico pelo seu número de espécies utilizadas pelo homem como

também a grande importância de algumas dessas espécies, por exemplo, o arroz, o milho e o trigo usado para a alimentação (SOUZA E LORENZI, 2008, p.198).

As gramíneas atualmente cobrem uma parte substancial da superfície da Terra e a sua expansão dentro dos biomas é geralmente concomitante com períodos de aridez na história climática do globo. Assim, podem servir como bons indicadores de mudanças climáticas ao longo da história. Como essa espécie geralmente possuem ciclos de vida curto (em relação à árvores e arbustos) ela rapidamente se adapta a ambientes que sofreram variação de CO₂, temperatura e disponibilidade de umidade. As gramíneas C₃ são normalmente indicativas de frio ou umidade enquanto que espécies C₄ prosperam em clima quente e com umidade limitada (WOOLLER e BEUNING, 2002, p.1).

2.7.2.4 Cyperaceae

A Poaceae assim como a Cyperaceae são boas acumuladoras de sílica (PIPERNO, 1988). A Cyperaceae também possuem uma distribuição cosmopolita. São cerca de 120 gêneros e 4.500 espécies, no Brasil são cerca de 44 gêneros e de 700 espécies encontradas principalmente em áreas abertas e alagáveis. Algumas espécies são usadas como ornamentação e algumas são bem conhecidas como espécies invasoras de culturas como a tiririca, outras são até mesmo usadas na fabricação de perfumes.

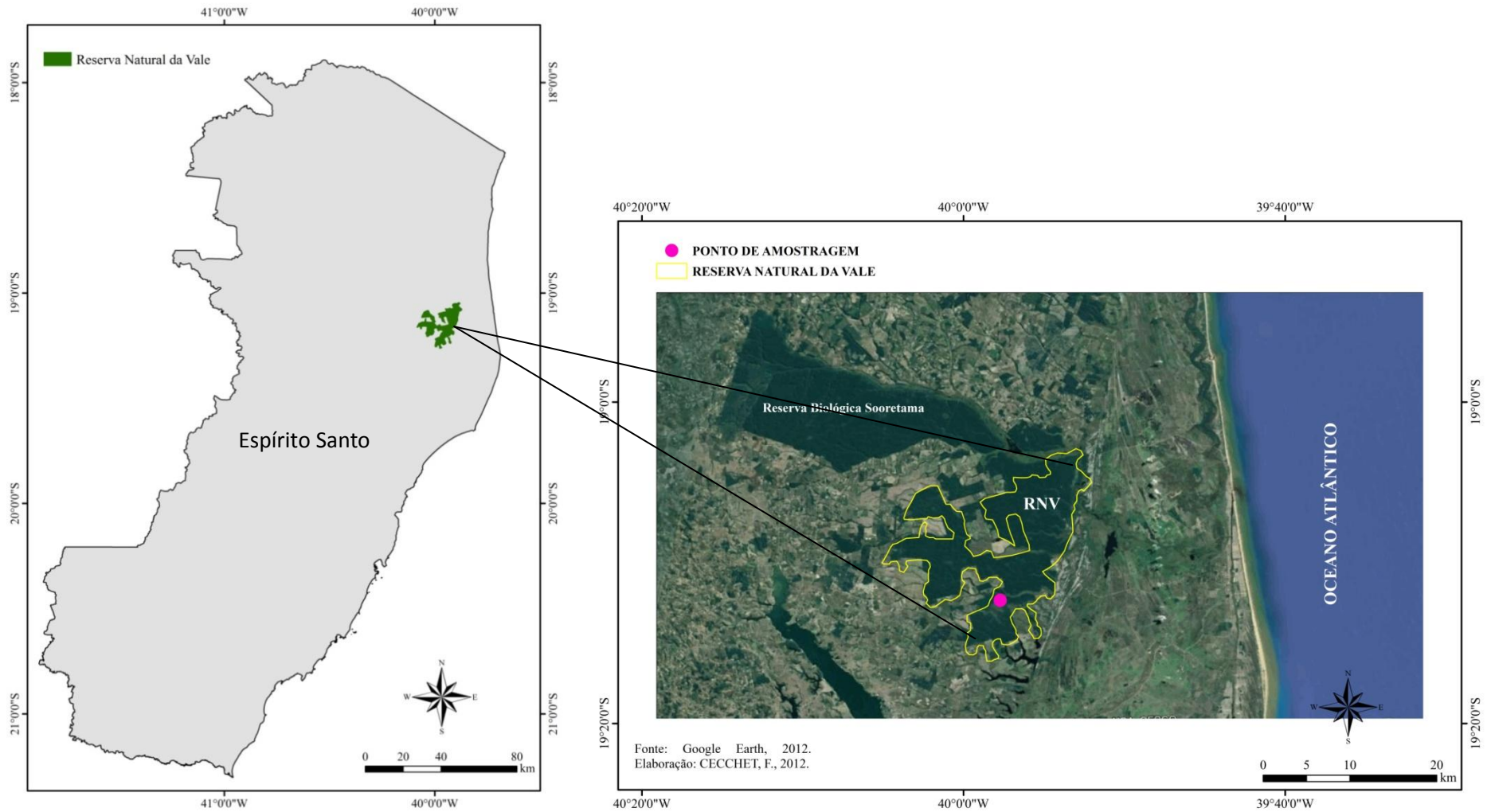
3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Localização da área

A área de estudo encontra-se na Reserva Natural da Vale – RNV, situada em Linhares, norte do Estado do Espírito Santo (Figura 2).

Dentro da reserva foi selecionado o ponto, geograficamente situado a 19°12' 331"S e 39°57'722" W, que corresponde ao ponto MT1 de Buso Jr. (2010). A partir dele foi estabelecido um raio de 10 metros e feita a coleta de todas as espécies mais representativas em termos taxonômicos e frequência da Mata do Tabuleiro, fitofisionomiapredominante na área da Reserva Vale. Para o presente estudo foram selecionadas as espécies pertencentes as famílias Arecaceae, Bromeliacea, Cyperaceae, Poaceae (gramíneas) e Pteridophytae.

Figura 2: Em destaque localização da área da Reserva Natural da Vale - RNV .



3.2 Espécies selecionadas

Para este trabalho dentre todos os indivíduos coletados, foram selecionadas somente aqueles pertencentes as famílias de Arecaceae, Bromeliácea, Cyperaceae, Poaceae (gramíneas) e Pteridophytae, perfazendo um total de 18 espécies, pertencentes a 5 famílias (Quadro 1). Foram coletadas cerca de 500 gramas de folha (massa seca) de cada espécie. (Foto 1).

Quadro 2: Espécies amostradas na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Mata de Tabuleiro), município de Linhares (ES).

Família	Nome científico	Abreviatura	Nome vulgar
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	<i>T.usneoides</i>	Barba-de-velho
Pteridophytae	<i>Adiantum Sp. A</i>	<i>Adiantum Sp. A</i>	
	<i>Adiantum Sp. B</i>	<i>Adiantum Sp. B</i>	Samambaia preta
Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>	<i>A. aculeatissimum</i>	Brejaúba
	<i>Allagoptera arenaria</i>	<i>A. arenaria</i>	Purunã
	<i>Attalea humilis</i>	<i>A. humilis</i>	Pindoba
	<i>Bactris bahiensis</i>	<i>B. bahiensis</i>	Ouricana
	<i>Bactris caryotifolia</i>	<i>B. caryotifolia</i>	Tucum-branco
	<i>Bactris vulgaris</i>	<i>B. vulgaris</i>	Airi-mirim
	<i>Geonoma rodienses</i>	<i>G. rodienses</i>	Aricanga marrom avermelhada
	<i>Geonoma elegans</i>	<i>G. elegans</i>	Aricanguinha
	<i>Polyandrococos caudescens</i>	<i>P. caudescens</i>	Palmito-amargo
	<i>Euterpe edulis</i>	<i>E. edulis</i>	Palmito-juçara
Poaceae	<i>Olyra latifolia</i>	<i>O. latifolia</i>	
Cyperaceae	<i>Cyperus distatus</i>	<i>C. distatus</i>	
	<i>Bequeria cymosa</i>	<i>B. cymosa</i>	
	<i>Eleocharis interstctas</i>	<i>E. interstctas</i>	
	<i>Eleocharis sp.</i>	<i>Eleocharis sp.</i>	

Foto 1: Material coletado



As amostras coletadas foram classificadas pelo Parabolânico Geovani Siqueira (Reserva VALE) e em seguida foram secas (ao ar e em estufa de circulação forçada) e embaladas para o transporte (Fotos 2 e 3).

Foto 2: Material secando ao ar.



Foto 3: Amostra embalada para armazenamento em laboratório.



3.3. Extração de fitólitos

Para a extração de fitólitos de plantas foram adaptados os procedimentos preconizados por Campos e Labouriau (1969) e por Piperno (2006), que consiste em:

- lavar o material vegetal em lavadora ultrassônica por 15 minutos (foto 4);
- secar em estufa a 75°C por uma noite;
- pesar a massa seca;
- calcinar por 4 horas a 400°C em mufla (foto 5);

- adicionar solução de ácido clorídrico (HCl) a 5N e deixar fazer a digestão em placa aquecedora por 15 minutos para eliminar os carbonatos presentes nas cinzas do tecido vegetal carbonizado;

Foto 4: Amostras lavadas, prontas para a primeira calcinação.



Foto 5: Aspecto da amostra após a primeira calcinação.



- lavar as cinzas passando o material em filtro e adicionar água destilada até eliminar todo o ácido clorídrico (HCl);

- fazer testes com nitrato de prata para verificar se o ácido foi totalmente eliminado da cinza;

-levar o material a mufla para uma segunda calcinação durante 6 horas a 600°C (foto 6).

Todas as amostras são retiradas da mufla e pesadas novamente para se obter o peso final da cinza sendo armazenadas em recipientes de vidro identificados com o número e o nome da amostra (foto 7).

Foto 6: Material nos cadinhos pronto para segunda calcinação.



Foto 7: Cinza final armazenada para preparação lâminas.



3.4. Preparação de lâminas

Após a extração lâminas temporárias (com óleo de imersão) foram feitas para a identificação e contagem dos fitólitos, sendo estas acondicionadas na coleção e agrupadas em ordem alfabética por família botânica, acompanhadas de microfotografias que foram obtidas em microscópio óptico Nikon® trinocular com câmera digital acoplada e posteriormente apresentada em pranchas, com unidades de medida em micrometros (μm).

Para a contagem dos fitólitos foram selecionadas três faixas na lâmina. Nas faixas foram identificados e contados o número de morfotipos encontrados sendo classificados da seguinte maneira:

- Raro: 0 - 10
- Pouco: 11 - 100
- Média: 101 - 300
- Abundante: Acima de 301.

3.5 Classificação dos fitólitos

Para a classificação os fitólitos extraídos foram nomeados conforme *International Code for Phytolith Nomenclature* – ICPN 1.0 segundo Madella et al, (2005) e agrupados de acordo com o significado taxonômico de cada grupo. Os nomes foram mantidos em inglês para facilitar a correspondência com a literatura internacional. Ao final serão realizadas análises qualitativas e quantitativas visando caracterizar as unidades fitosociológica e as características geográficas da área da reserva em Linhares - ES.

3.6 Análise estatística

Para estabelecer os agrupamentos e avaliar os aspectos de multiplicidade e redundância foram realizadas análises estatística multivariada, cluster (agrupamentos hierárquicos) e análise de componentes principais (PCA) para explicar os agrupamentos. Também foi realizada a análise estatística descritiva das variáveis (espécies e morfotipos). Para todas essas análises foi usado o software Minitab ® versão acadêmica.

4. RESULTADOS

4.1. Produção de fitólitos

As 18 espécies foram, quando possível, separadas em partes para serem tratadas, visando conhecer a produção de fitólitos por parte e por plantas (Tabela 1). Isso se faz necessário para averiguar a existência de multiplicidade na produção fitolítica, conforme destacado por Rovner (1971), como um dos aspectos negativos, porém não limitante, do uso deste microrresto como proxy ambiental em estudos de reconstrução.

Tabela 1: Porcentagem de cinza final produzida pelas amostras

Família	Espécie	Partes da Planta*	Peso massa seca inicial	Cinza final	Resíduo o final	Produz fitólitos **	Produção de fitólitos ***
			(Gramas)		(%)	(S/N)	
Bromeliacea	<i>T. usneoides</i>	F	19.3256	0.0086	0,04	S	Pouca
Pteridophytae	<i>Adiantum Sp. A</i>	F	3.5557	0.0375	1,05	S	Média
	<i>Adiantum Sp. B</i>	F	0.7213	0.0398	5,51	S	Abundante
Arecaceae	<i>A. aculeatissimum</i>	F	9.9014	0.584	5,89	S	Abundante
	<i>A. arenaria</i>	F	23.7632g	0.1529	0,64	S	Abundante
	<i>A. humilis</i>	F	111.1153	1.8262	1,64	S	Média
	<i>B. bahiensis</i>	F	27.1888	0.7655	2,81	S	Abundante
	<i>B. caryotoefolia</i>	F	2.0364	0.0602	2,95	S	Abundante
	<i>B. vulgaris</i>	F	19.4875	0.0375	0,19	S	Média
	<i>G. rodienses</i>	F	25.0438	1.0844	4,33	S	Abundante
	<i>G. elegans</i>	F	3.8732	0.2342	6,04	S	Abundante
	<i>P. caudescens</i>	F	162.3343	1.2443	0,76	S	Abundante
	<i>E. edulis</i>	F	109.9856	1.3828	0,01	S	Abundante
Poaceae	<i>O. latifolia</i>	F	8.2029	0.2467	3,0	S	Média
		T	8.2613	0.5659	6,85	S	Média
Cyperaceae	<i>C. distatus</i>	F	5.0769	0.1370	2,69	S	Abundante
		T	10.2058	0.1992	1,95	S	Média
		R	0.5714	0.0087	1,52	S	Abundante
		S/Fl	0.4387	0.0044	1,0	S	Média
	<i>B. cymosa</i>	F	10.4343	0.1642	1,57	S	Abundante
		Fl	4.3155	0.2786	6,45	S	Abundante
	<i>E. interstctas</i>	F	2.9878	0.1344	4,49	S	Abundante
<i>Eleocharis Sp.</i>	F	0.9918	0.0384	3,87	S	Abundante	
Correlação de Pearson							0,346999

*S: sim; N: não; **F: folha; Fl: flores; R: raízes; T: talos e S: sementes; ***Rara: menos que 10 fitólitos; Pouca: de 11 a 100 fitólitos; Média : 101 a 300 fitólitos; Abundante: acima de 301 fitólitos;

A quantidade de cinza final produzida por cada espécie amostrada é apresentada na Tabela 1. Todas as espécies tratadas apresentaram quantidade significativa de cinza e todas são produtoras de fitólitos (Tabela 2), embora esta não seja uma correlação direta, porque a

quantidade de cinza final não representa a quantidade de fitólitos que a planta produz. Uma amostra pode produzir muita cinza e pouco fitólito assim como muitos fitólitos em pouca cinza final a exemplo do talo da *Olyralatifolia* e das folhas da *Allagoptera arenaria*, respectivamente (Tabela 1). A espécie que menos produziu fitólitos foi a *Tillandsia usneoides* (Bromeliaceae), as demais apresentaram produção, predominantemente, abundante.

Tabela 2: Variabilidade no número de fitólitos produzidos por amostras e estatística descritiva do número de fitólitos produzidos.

Número de Morfotipos	Frequência	%
1	2	8,7
2	8	34,8
3	4	17,4
4	1	4,3
5	6	26,01
6	2	8,7
Total	23 amostra	100
Média		3 morfotipos
Moda		2 morfotipos
Mínimo		1 morfotipo
Máximo		6 morfotipos
Desvio Padrão		1,61

A análise de correlação de Pearson entre o teor de cinza final e a produção de fitólito (Tabela 1) foi baixa (0,35), corroborando a interpretação de que não existe dependência direta entre estas duas variáveis.

Entre as Arecaceas as espécies *Attalea humilis* e a *Bactris vulgaris* foram as que apresentaram produção média de fitólitos, todas as demais apresentaram produção abundante.

Em nossos resultados a única espécie de Poaceae, também analisada em partes, apresentou produção menor quando comparada as espécies das famílias de Arecaceae e Cyperaceae (Tabela 1). A literatura corrente aponta as monocotiledôneas, em especial a Poaceae como as principais plantas acumuladoras de silício e produção abundante de fitólitos com elevada diversidade e significado taxonômico (TWISS et al., 1969; TWISS, 1987; 1992). Outras famílias de monocotiledôneas e algumas de dicotiledôneas também têm demonstrado serem importantes acumuladoras em quantidades expressivas de sílica (PIPERNO, 1988; RUNGE, 1999).

A *Cyperus distatus* (Cyperaceae)quetambém foi analisada em partes separadas (folhas, talos, raízes e sementes/flores) apresentou variações na quantidade produzida entre suas partes. As folhas e raízes produziram fitólitos em abundância, já os talos, as sementes e flores

possuem uma produção média. Todas as demais amostras dessa família produziram fitólitos em elevada quantidade.

No que diz respeito a multiplicidade definida por Rovner (1971) como os diferentes morfotipos produzidos em uma mesma planta, observou-se o número de morfotipos identificados por amostras variou de 1 a 6, sendo que a maioria das amostras (34,8%) apresentou dois morfotipos (Tabela 2).

A redundância também foi constatada entre as espécies tratadas. Segundo Rovner (1971) o fato de um mesmo morfotipo ser produzido em diferentes tecidos de uma mesma planta e, principalmente, por diferentes plantas de espécies e famílias diferentes configura um dos principais aspectos que dificultam a identificação de morfotipos com significado taxonômico em nível de espécie.

Nesse trabalho, vários morfotipos foram encontrados em mais de uma família (Tabela 3). O morfotipo que foi identificado em mais espécies foi o *Elongate*, encontrado em nove das 18 espécies analisadas. Este morfotipo não tem significado taxonômico, pois é produzido por plantas de praticamente todas as Famílias.

O segundo morfotipo mais frequente foi o *Conical*(cone), encontrado em 8 espécies, sendo quatro pertencentes à Família Cyperaceae, 3 da Arecaceae e 1 da Pteridophytae. Este morfotipo é considerado na literatura como sendo representativo dessa família, pois é o morfotipo que mais ocorre em diferentes partes de plantas dessa família (Horaine et al., 2009:512). Embora ocorra em outras espécies de outras famílias, como da Pteridophytae, sempre será em quantidade inferior aquela das Cyperaceae que são facilmente distinguíveis (Ollendorf, 1992).

Tabela 3: Morfotipos produzidos pelo conjunto de plantas dos estratos inferiores da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Mata de Tabuleiro), município de Linhares (ES).

Morfotipo	Frequência absoluta		Morfotipo	Frequência absoluta	
	Amostra	Espécie		Amostra	Espécies
<i>Cross</i>	2	1	<i>Orbicular scrobiculate</i>	1	1
<i>Globular oblong echinate</i>	1	1	<i>Fusiform sinuous</i>	2	2
<i>Globular spiny</i>	1	1	<i>Trapeziform polylobate</i>	2	3
<i>Globular sinuate small</i>	1	1	<i>Cylindrical</i>	2	2
<i>Elongate thin</i>	1	1	<i>Stomato</i>	2	2
<i>Elongate crenate</i>	1	1	<i>Globular smooth</i>	3	3
<i>Tabular flat</i>	1	1	<i>Conical echinate base</i>	3	3
<i>Trachied</i>	1	1	<i>Jigsaw-puzzle</i>	3	3
<i>trapeziform crenate</i>	1	1	<i>Globular echinate</i>	4	4
<i>rectangle carinate</i>	1	1	<i>Tabular rectangle</i>	4	4
<i>rectangle flat</i>	1	1	<i>Fusiform flat</i>	6	5
<i>pointe shaped</i>	1	1	<i>Elongate sinuous</i>	6	5
<i>point shaped verrucate</i>	1	1	<i>Conical</i>	8	5
<i>polygonal block</i>	1	1	<i>Elongate</i>	12	9
<i>polyedric block</i>	1	1			

O morfotipo *conical*, assim como destacado por Horaine et al (2009), permite uma diferenciação morfológica na identificação das comunidades de *sedge* (carricha¹), que embora as ciperáceas estejam sub-representadas em relação as gramíneas nos registros fósseis, vários estudos tem identificado a ocorrência de plantas da Família Cyperaceae em solos (hidromórficos e/ou minerais oxidados) e em sequência de sedimentos fósseis e arqueológicos (Borba-Roschel et al., 2006; Calegari, 2008; Bonomo et al., 2009, por exemplo).

Outro morfotipo que se destaca neste grupo pela sua representatividade taxonômica é o *conical echinate base*. Esse morfotipo foi identificado somente nas espécies *Astrocaryum aculealissinum* (97%), *Bactris caryotifolia* (98%) e *Bactris bahienses* (87%), e são os mais frequentes nessas espécies pertencentes a família da Arecaceae. Cabe ressaltar que o morfotipo considerado como o de maior significado taxonômico para essa família é o *globularechinate* com suas variações *oblong* (ovalada). De acordo com Bamford et al. (2006) e Albert et al. (2009) a produção de fitólitos em palmeiras é abundante, principalmente o morfotipo *globularechinate*. Desta forma, a identificação de fitólitos com forma cônica

¹ Planta ciperácea.

base espinhosa, irregular (*conical echinate base*) aporta uma importante informação no conjunto de fitólitos tidos como de forte significado taxonômico para identificação de palmeiras, juntamente com os *globular echinate*.

Em geral a quantidade do morfotipo *globularechinate* decresce significativamente após a deposição no solo, mas uma vez depositado, eles se tornam estáveis e permanecem por longo período de tempo (Albert et al. 2006; 2009). Os demais morfotipos apresentam baixa representatividade no conjunto de fitólitos identificados em cada espécie ou parte das plantas (Tabela 3).

A figura 3 representa a multiplicidade e a redundância dos morfotipos identificados nas espécies estudadas. A figura demonstra os morfotipos e suas proporções por espécies.

4.2. Descrição dos fitólitos

4.2.1. Arecaceae

Os fitólitos são encontrados com maior frequência nas folhas e nos talos nas palmeiras, com predomínio de dois principais morfotipos, os cônicos com base espinhosa (*conical echinate base*) e os globulares espinhosos (*globular echinate*) com variações ovaladas (*oblong*) (Tabela 4). Esses morfotipos, assim como encontrado na literatura para outras espécies dessa família, geralmente apresentam bastante irregularidade, por vezes, mais ou menos elipsoidais, também com uma superfície rugosa ou espinhosa (PRYCHID, et al, 2004, p.398-401).

De modo geral 60% das espécies dessa família produziram *globular echinate*, com variações entre as *oblong* e as *spiny*, 30%, produzem *conical echinate base* e apenas 10% produzem *elongate crenate*.

As espécies *A. areanaria*, *A. humillis*, *E. edulis*, *G. rodienses*, *G. elegnas* e a *P. caudescens* produziram acima de 70% o morfotipo *globular echinate*, com variações no grau de esfericidade e diâmetro.

Figura 3: Distribuição dos morfotipos identificados por espécie.

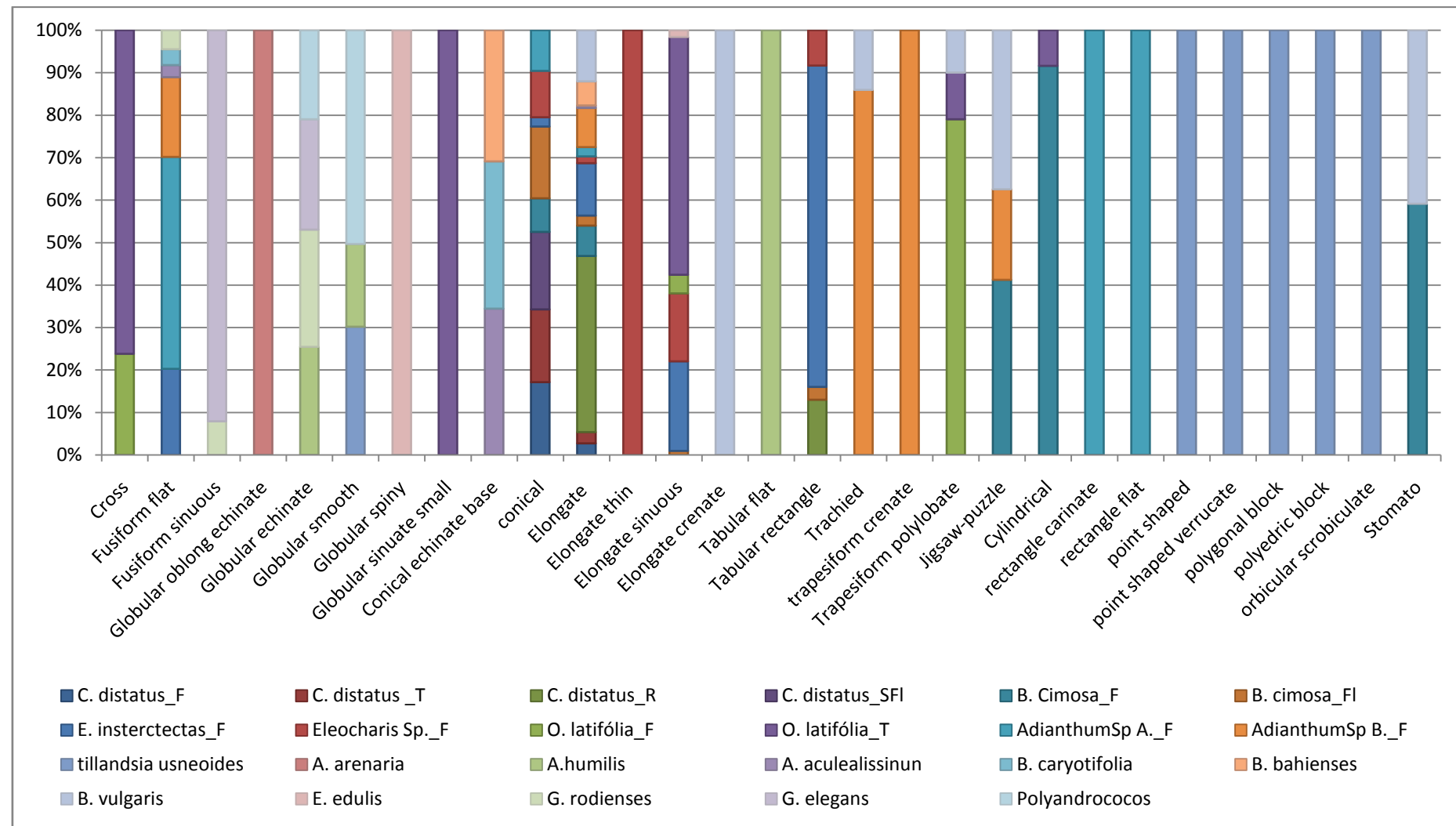


Tabela 4: Conjunto de fitólitos identificado na família das Arecaceas no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.

Morfortipos (ICPN 1.0)	Espécie de Arecacea																				
	<i>Allagoptera arenaria</i>		<i>Altalea humilis</i>		<i>Astrocaryum aculealissinum</i>		<i>Bactris caryetifolia</i>		<i>Bactris bahienses</i>		<i>Bactris vulgaris</i>		<i>Euterpe edulis</i>		<i>Geonoma rodienses</i>		<i>Geonoma elegans</i>		<i>Polyandrococos caudescens</i>		
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	
<i>Fusiform flat</i>	-	-	-	-	4	2	5	2	-	-	-	-	-	-	**7	3	-	-	-	-	
<i>Fusiform sinuous</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**2	1	**22	10	-	-	
<i>Globular echinate</i>	-	-	**189	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	235	96	209	90	173	73
<i>Glogular oblong achinate</i>	200	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Globular smooth</i>	-	-	22	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	27
<i>Globular spiny</i>	-	-	-	-	213	97	**210	98	**207	87	-	-	**237	98	-	-	-	-	-	-	-
<i>Conical</i>	-	-	-	-	3	1	-	-	31	13	**90	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elongate sinuous</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**4	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elongate crenate</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tabular flat</i>	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachied</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trapesiform polylobate</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Jigsaw-puzzle</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**59	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stomato</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Articulados	-	-	5	-	-	-	5	-	2	-	104	-	30	-	9	-	15	-	-	-	-
Total	200	100	213	100	220	100	215	100	238	100	322	100	241	100	244	100	231	100	236	100	

*Os articulados não foram considerados na contagem dos fitólitos.

** Foi considerado na contagem o morfortipo encontrado nos articulados

número absoluto de fitólitos contados

4.2.1.1. Allagoptera Arenaria

O morfotipo predominante nessa espécie é o *globular oblong echinate* encontrado em 100% da lâmina (Tabela 4). Algumas formas (globular) são mais ovais que outras, porém todos possuem superfície espinhosa (*echinate*). O tamanho médio dos morfotipos encontrados foi de 20,30 μ m.

4.2.1.2. Attalea humillis

A espécie apresenta *globular echinate* como morfotipo predominante cerca de 89% de todos os morfotipos contados na lâmina com o tamanho médio de aproximadamente 19 μ m (Tabela 4).

4.2.1.3. Astrocaryum aculealissinum

Dentre os morfotipos contados na espécie *A. aculealissinum* 97% foram classificadas como cones (*conical*), com altura média (da base até o topo) de 6,80 μ m em forma “cornos” (Tabela 4). A base é circular, ovala e espinhosa (*echinate*) e mede em torno de 15 μ m.

4.2.1.4. Bactris caryotaefolia

A espécie *B. caryotaefolia* apresenta 98% dos morfotipos em cones (*conical*), os mesmo possuem base espinhosa (*echinate*) e topo e forma de cornos, com altura média (da base até o topo) de 8,94 μ m e a base mede em torno de 15,88 μ m (Tabela 4).

4.2.1.5. Bactris bahienses

A espécie *B. bahiensis* apresenta 87% dos morfotipos em cones (*conical*) com a ponta aplanada ou em forma de cornos (Tabela 4). Considerando o vértice destes cornos a altura média (da base até o topo) observada nesse morfotipo foi de 4,12 μ m. Destaca-se por possuir base circular a oval espinhosa (*baseechinate*) com diâmetro médio de 4,12 μ m. Observaram-se variações de tamanho variando, alguns medindo até 4,30 μ m de altura e 7,50 μ m na base.

4.2.1.6. *Bactris vulgaris*

A *B.vulgaris* é a única espécie que não apresentou nenhuma forma de *globular echinate* ou *conical*, consideradas representativas dessa família (Albert et al., 2009). O morfotipo que mais ocorreu foi o *elongate crenate* (40%) (Tabela 4). Esse morfotipo tem forma alongada com borda ornamentada em forma de serra. A grande maioria desses alongados foi encontrada em articulados grandes, assim como foi encontrado também as formas de *jigsaw-puzzle* com 18% e com 12% os *trapeziform polylobates*. O *jigsaw-puzzle* lembra peças de quebra-cabeça e o *trapeziform polylobate* possui a forma de um trapézio retangular com mais de dois lóbulos

4.2.1.7. *Euterpe edulis*

A espécie *E. edulis* apresentou predomínio do morfotipo *globular spiny* (que pode ser também chamado de *golubarechinate*), com 98% do total de todas as formas encontradas (Tabela 4). O que difere esse morfotipo dos demais é o seu tamanho médio de 15,48 μm de diâmetro, menor que os encontrados nas outras famílias e a distribuição de seus espinhos, mais espaçados e em menor quantidade. Apresenta variações no tamanho, haja vista que foram observados alguns morfotipos com diâmetro médio de 60 μm , presente somente nessa espécie no conjunto estudado.

4.2.1.8. *Geonoma rodienses*

A espécie *G. rodienses* apresenta como morfotipo predominante os glóbulos espinhosos (*globular echinate*), considerando todas as variações ele representa 97% da assembleia identificada nessa espécie (Tabela 4). Apresenta tamanho médio de 23,48 μm .

4.2.1.9. *Geonoma elegans*

A espécie *G. elegans* têm *globular echinate* como principal morfotipo (90%). Foi identificada 3% de articulados de *fusiform flat* (forma de fuso com os lados lisos), Dentre

todas as espécies que produziram o morfotipo *globularechinata* essa foi a que apresentou o maior tamanho médio, 24,80 μm (Tabela 4).

4.2.1.10. *Polyandrococos caudescens*

A espécie *P. caudescens* produziu 73% de *globular echinate*, com diâmetro médio de 19,87 μm . A forma *globular smooth* (glóbulos lisos) também foi encontrada em menor quantidade (27%) (Tabela 4).

4.2.2. Cyperaceae

Os estudos foram feitos com quatro espécies de Cyperaceae, algumas espécies foram divididas em partes perfazendo um total de oito amostras, as análises realizadas assemelhasse com as análises realizadas por Honaine, et al, (2009). Cerca de 75% das amostras das espécies da família Cyperaceae apresentou produção de formas em cones (Tabela 5).

Os fitólitos cônicos têm sido encontrados nessa família e considerados os morfotipos dominantes e representativos taxonomicamente, embora haja diferença entre os cones quanto ao tamanho e a forma da base (Honaine, et al, 2009; p.521-522). Nas folhas e talos os cones apresentam uma forma de base arredondada, enquanto que nos frutos os fitólitos tinham uma forma poligonal e as bases eram maiores e mais robustas.

4.2.2.1. *Cyperus distatus*

A espécie *Cyperus distatus* apresentou fitólitos em forma de cones nas folhas (94%), talos (94%), sementes/flores (100), nas raízes os *elongates* foram considerados os morfotipos predominantes 96%. (Tabela 5).

Os cones encontrados nessa espécie, assim como na família, apresentam base lisa, circular a oval e topo pontiagudo. A altura média (da base até o topo) não apresentou variação, nas folhas a média foi de 11,18 μm , nos talos 10,83 μm , e nas sementes e flores de 12,18 μm . Quanto ao tamanho médio da base, observaram-se diferenças entre os morfotipos dos talos com 18,95 μm e os das folhas e semente/flores, respectivamente 26,30 μm e 25,93 μm , indicando que os talos produzem cones menores do que as demais partes estudadas.

Os *elongates* mais freqüentes encontrados nas raízes também possuem uma diferença com os outros *elongates* produzidos nas demais espécies. Apresenta tamanho médio 261,58 μm de comprimento por 68,27 μm de largura.

4.2.2.2. Bequeria cimosa

A espécie *Bequeria cimosa* apresentou nas flores uma porcentagem bem maior de fitólitos em forma de cones (93%) do que nas folhas (39%) (Tabela 5). Porém nas folhas os morfotipos cônico (*conical*) são maiores que os encontrados nas flores. A altura média desse morfotipo nas folhas foi de 29,40 μm , com a base medindo de 42,67 μm de diâmetro (média), enquanto nas flores a altura média foi de 16 μm , e diâmetro médio da base 25,92 μm .

4.2.2.3. Eleocharis insterctas

A *E. insterctas* foi a espécie que menos produziu o morfotipo cônica (*conical*), em torno de 12% do total dos morfotipos contados e identificados na lâmina (Tabela 5). De forma geral, os cones são pequenos emedem do topo a base, em média 13,11 μm , e a base, em média 22,70 μm . Outra característica que os difere dos demais, e talvez possa ser usado para identificar a espécie nas amostras de solo e sedimento, é a forma arredondada no topo do cone, que não foi encontrada nas demais espécies que produzem esse morfotipo, em geral com topo pontiagudos, ou possuem o topo em forma de cornos.

O morfotipo predominante nessa espécie é o *elongate* (28%), porém como não possui significado taxonômico, assim como o *tabular rectangle* (25%). A principal característica deste último é a forma retangular, finos e planos como uma mesa (Madella et al., 2005). Também se destaca com cerca de 22% o *elongate sinuous* que são formas alongadas e sinuosas nos dois lados, com 13% o *fusiform flat* que possuem forma de fuso com os lados lisos, e os cones como já mencionados (Tabela 5).

Tabela 5: Conjunto de fitólitos identificado na família das Cyperaceae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.

		Espécies de Cyperaceae															
Morfotipos (ICPN 1.0)	Parte da planta	<i>Cyperus distatus</i>				<i>Bequeria</i>				<i>Eleocharis intertextas</i>		<i>Eleocharis Sp.</i>					
		Folha		Talos		Raizes		Sementes+flores		Folhas		Flores		Folhas			
		#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%		
<i>Conical small</i>	-	**239	94	**197	94	-	-	**225	100	**97	43	**185	93	**25	12	130	49
<i>Elongate</i>	-	16	6	13	6	200	96	-	-	**37	17	11	6	**60	28	**8	3
<i>Elongate thin</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	14
<i>Elongate sinuous</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*2	1	46	22	36	13
<i>Fusiform flat</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	13	**50	19
<i>Jigsaw-puzzle</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	20	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrical</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	19	-	-	-	-	-	-
<i>Tabular rectangle</i>	-	-	-	-	-	9	4	-	-	-	-	2	1	**53	25	6	2
<i>Stomato</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
*Articulados		53		124				15		19		64		116		58	
Total		255	100	210	100	209	100	225	100	221	100	200	100	211	100	267	100

*Os articulados não foram considerados na contagem dos fitólitos.

** Foi considerado na contagem o morfotipo encontrado nos articulados

número absoluto de fitólitos contados

4.2.2.4. Eleocharis Sp.

A espécie *Eleocharis Sp.* Apresentou predominância do morfotipo *conical* (cones) (49%) Sua altura média foi de $12,94\mu\text{m}$ e diâmetro médio da base de $23,62\mu\text{m}$, ou seja, são cones pequenos comparados aos encontrados em outras espécies dessa família, mas com o topo mais largo e em cornos, lembrando muitas vezes um chapéu. (Tabela 5)

4.2.3. Poaceae

4.2.3.1. Olyra latifolia

O *Trapeziform polylobate* foi o principal morfotipo encontrado nas folhas da Poaceae *Olyra latifolia* e representa 91% da assembléia de fitólitos identificados nessa parte da planta (Tabela 6). Caracteriza-se por apresentar o topo menor que a base, semelhante a um trapézio com mais de dois lóbulos dispostos linearmente na base.

O *elongate sinuous* foi o segundo morfotipo mais frequente nessa espécie, contabilizou 50% dos morfotipos encontrados nos talos (Tabela 6). Possui forma alongada ambos os lado e ornamentação sinuosa na superfície

Entre as demais formas encontradas o *cross* que pode ser facilmente identificado por sua forma em cruz, a forma cilíndrica (*cylindrical*), e a *globular sinuate small*, que se caracteriza como glóbulos pequenos e com superfície sinuosa (enrugada).

Tabela 6: Conjunto de fitólitos identificado na família da Poaceae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.

Morfotipos (ICPN 1.0)	Espécie de Poaceae				
	Parte da planta	<i>Olyra latifolia</i>			
		Folhas		Talos	
	#	%	#	%	
<i>Trapeziform polylobate</i>	-	190	91	23	11
<i>Cross</i>	-	**10	5	28	14
<i>Elongate sinuous</i>	-	**9	4	**101	50
<i>Cylindrical</i>	-	-	-	3	1
<i>Globular sinuate small</i>	-	-	-	**47	23
<i>*Articulate</i>	-	9	-	148	-
Total de fitólitos		209	100	202	100

*Os articulados não foram considerados na contagem dos fitólitos.

** Foi considerado na contagem o morfotipo encontrado nos articulados

número absoluto de fitólitos contados

4.2.4. Pteridophytae

Estudos já realizados apontam que, existe produção de corpos de sílica (morfotipos) para essa família, o *elongate* (alongados) foi encontrado em diversas espécies, os mesmos são mais longos do que largos, com lados lisos ou ondulados (SUNDUE, 2009, p.430). Ao contrário das espécies analisadas nesse trabalho que produziram nas folhas uma variedade de morfotipos, nas quais se apresentou predominância de formas distintas. Cones (*conical*) e *elongate crenate* foram os principais morfotipos encontrados nas análises como descritos abaixo.

4.2.4.1. Adiantum Sp. A

A espécie *Adiantum Sp.A* possui como morfotipo predominante os cones (*conical*) com aproximadamente 53% do total das formas contadas e identificadas na lâmina (Tabela 7). Também se destaca a produção do morfotipo *fusiform flat* (forma de fuso) representando 32%, do *rectangle carinate*, forma semelhante a quilha de navios ou barbatana de tubarão (8%), e o *rectangle flat* que são formas retangulares lisas e achatadas (3%).

4.2.4.2. Adiantum Sp. B

A espécie *Adiantum Sp.B* apresentou predomínio do morfotipo *trapeziform crenate* (53%), forma semelhante a um trapézio (topo mais estreito que a base) com base cerrada. Os *elongate* representam 21% da assembléia, são alongados e lisos. Os irregulares *jisaw-puzzle* correspondem a 10% do conjunto e possuem formas irregulares, semelhantes a de quebra-cabeça., e *oscylindrical block*, descritos como pequenos blocos cilíndricos, representam 12% da assembléia (Tabela 7)

Tabela 7: Conjunto de fitólitos identificado na família da Pteridophytae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.

Morfotipos (ICPN 1.0)	Espécies de Pteridophytae				
	Parte da Planta	<i>Adiantum Sp.A</i>		<i>Adiantum Sp.B</i>	
		Folhas		Folhas	
		#	%	#	%
<i>Fusiform flat</i>	-	**87	32	-	-
<i>Conical</i>	-	**145	53	-	-
<i>Rectangle carinate</i>	-	22	8	-	-
<i>Rectangle flat</i>	-	8	3	-	-
<i>Trapeziform crenate</i>	-	-	-	111	53
<i>Elongate</i>	-	14	5	45	21
<i>Jisaw-puzzle</i>	-	-	-	22	10
<i>Cylindrical block</i>	-	-	-	25	12
<i>Trachied</i>	-	-	-	8	4
<i>*Articulados</i>	-	29	-	-	-
Total de fitólitos		276	100	211	100

*Os articulados não foram considerados na contagem dos fitólitos.

** Foi considerado na contagem o morfotipo encontrado nos articulados

número absoluto de fitólitos contados

4.2.5. Bromeliaceae

4.2.5.1. Tillandsia usneoides

Os Morfotipos mais encontrados nessa espécie de Bromeliaceae foram o *polygonal block* (33%) e o *polyedric block* (28%) (Tabela 8). A forma *polygonal block* se caracteriza como formas em polígonos com vários ângulos e *opolyedric block* como formas geométricas cujos lados são formados por três ou mais ângulos.

Todos os demais morfotipos que foram encontrados durante a contagem e identificação apresentaram baixa frequência (em menor quantidade), como o *point shaped* que se caracteriza em forma de ponto, o *point chaped verrucate* que é em forma de ponto com a superfície rugosa, *globular smooth* morfotipo em forma de glóbulos lisos e a *orbicular scrobiculate* que possui forma circular cheio de furos.

Tabela 8: Conjunto de fitólitos identificado na família da Bromeliaceae no estrato inferior da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas – Linhares - ES.

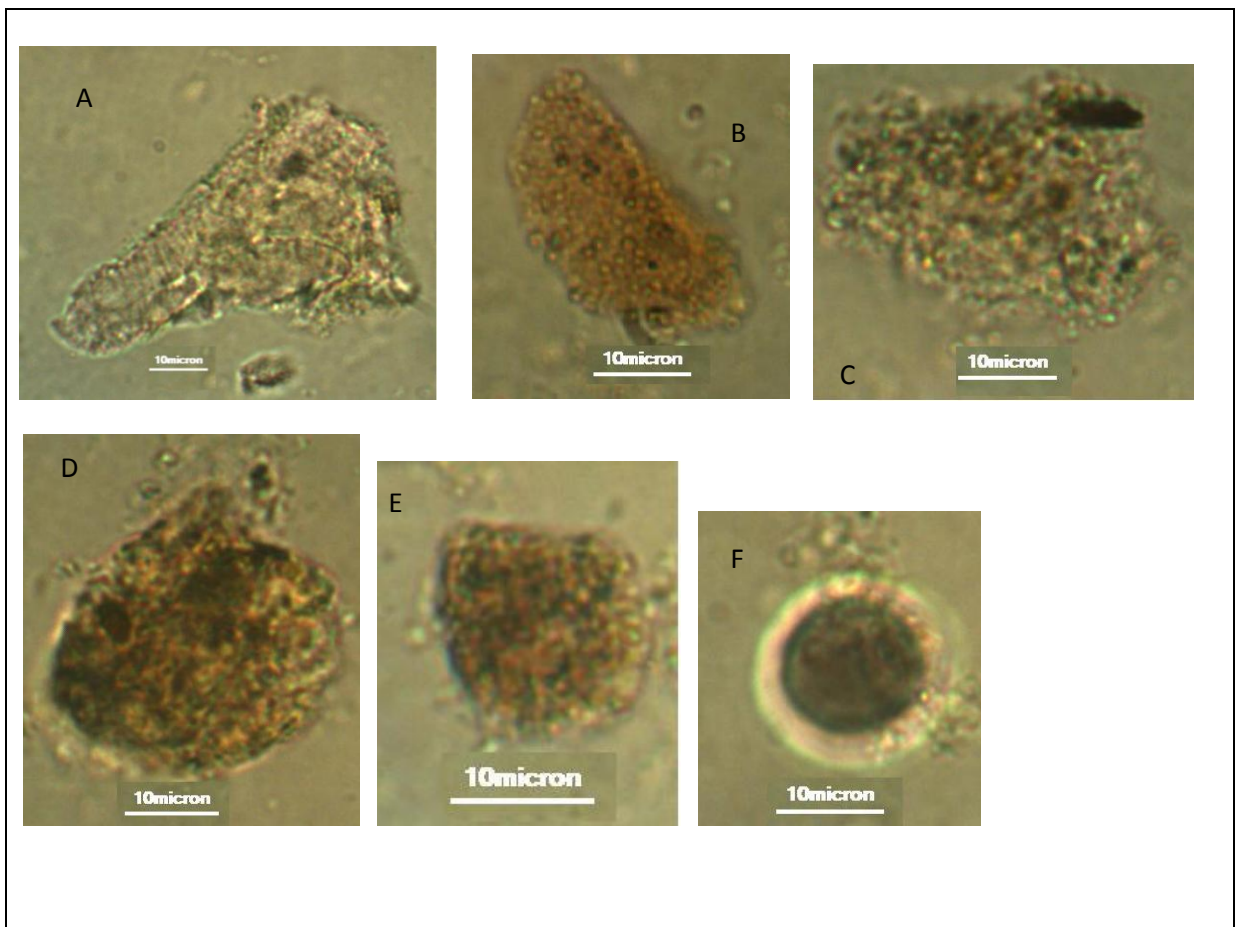
Espécies de Bromeliaceae		
Morfortipos (ICPN 1.0)	<i>Tillandsia usneoides</i>	
	#	%
<i>point shaped</i>	13	7
<i>Point shaped verrucate</i>	24	12
<i>Globular smooth</i>	32	16
<i>Polygonal block</i>	66	33
<i>Polyedric block</i>	55	28
<i>Orbicular scrobiculate</i>	10	5
Total de fitólitos	200	100

número absoluto de fitólitos contados

4.3. Coleção de Referência – Imagens

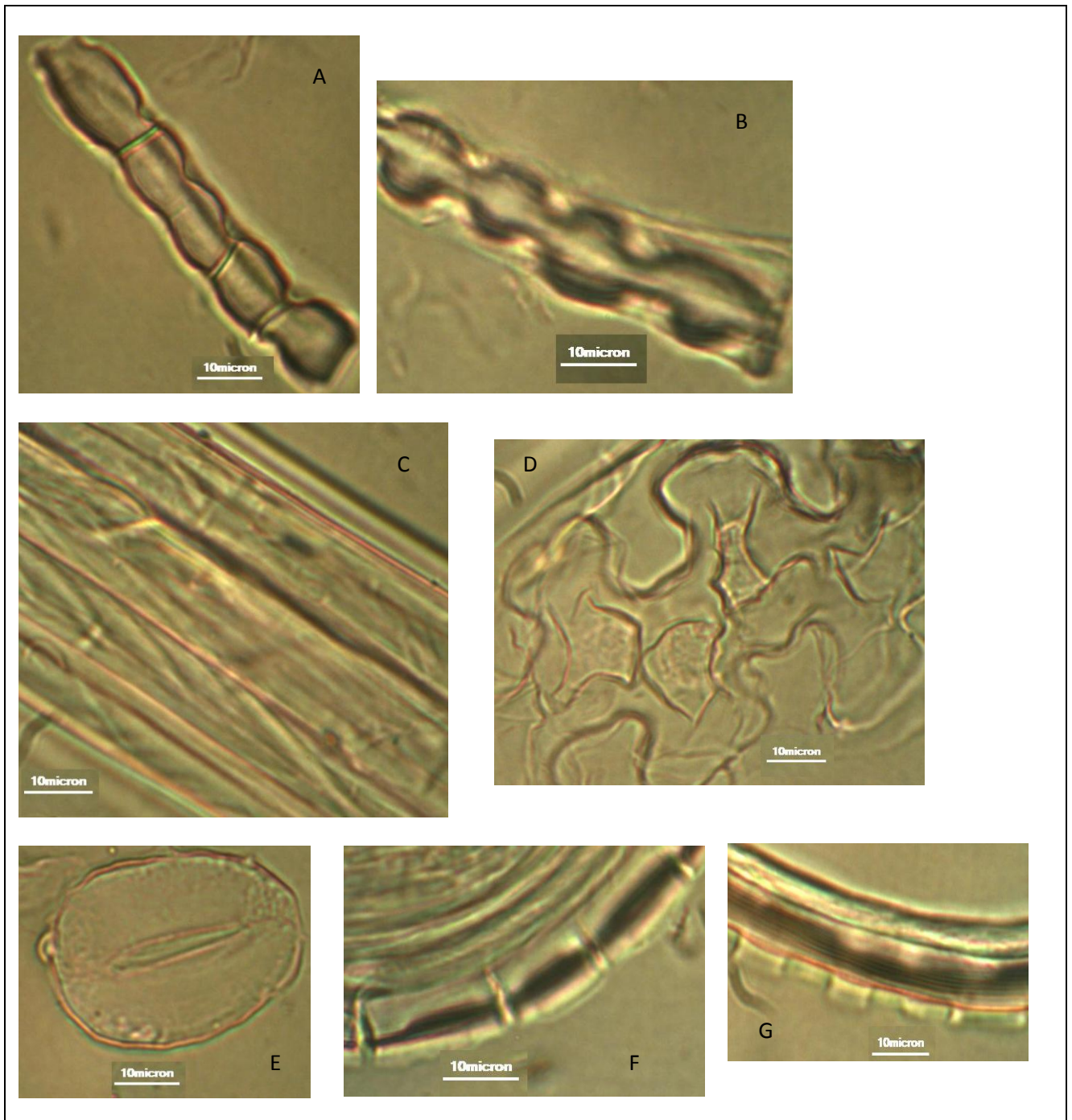
As pranchas a seguir mostram os principais morfotipos encontrados em cada espécie amostrada. Para a caracterização morfológica e taxonômica foram contados em cada lâmina no mínimo 200 fitólitos identificáveis, cujas formas foram descritas e nomeadas conforme o ICPN 1.0 (Madella et al., 2005).

A prancha 1 ilustra os morfotipos de fitólitos identificados na família da Bromeliaceae.

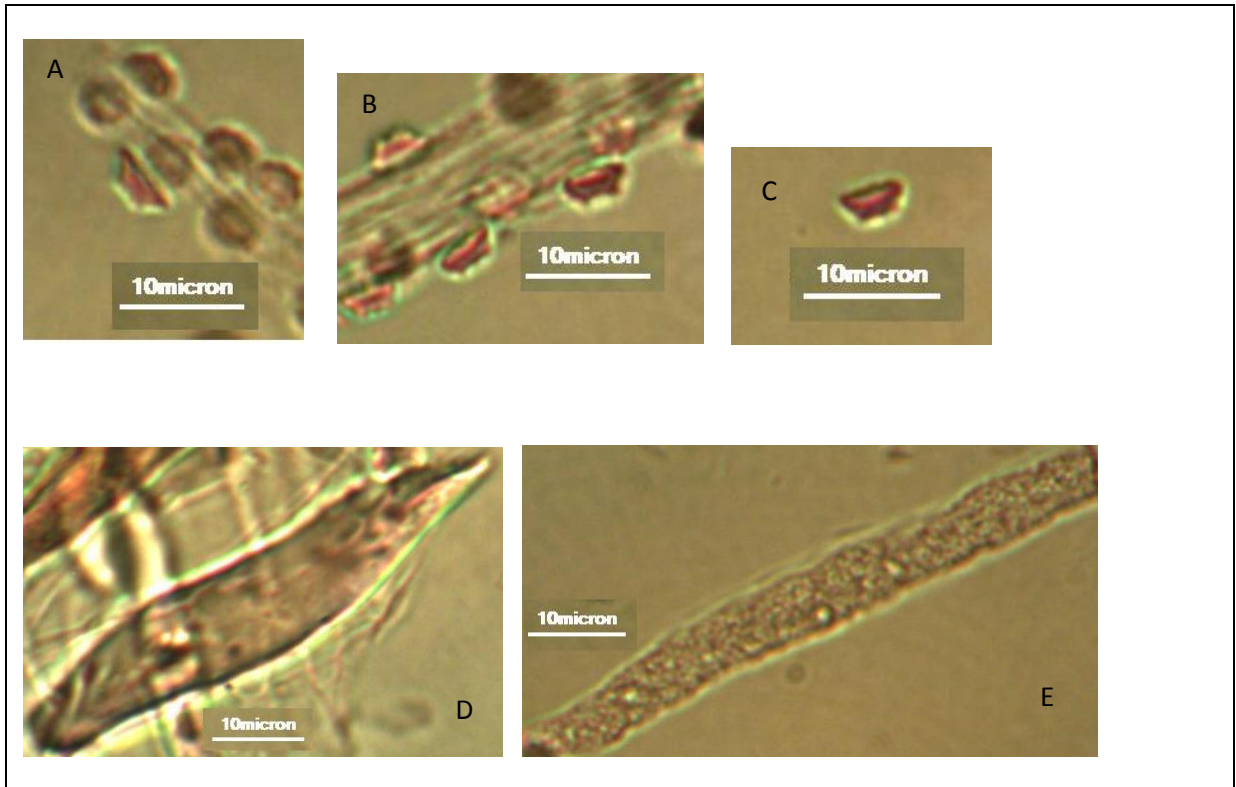


Prancha 1: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Tillandsia usneoides* (Bromeliaceae): A) *articulate trachied*; B) *point shaped*; C) *point shaped verrucate*; D, E) *polygonal block*; F) *globular smooth*. Escala utilizada 10 μ m.

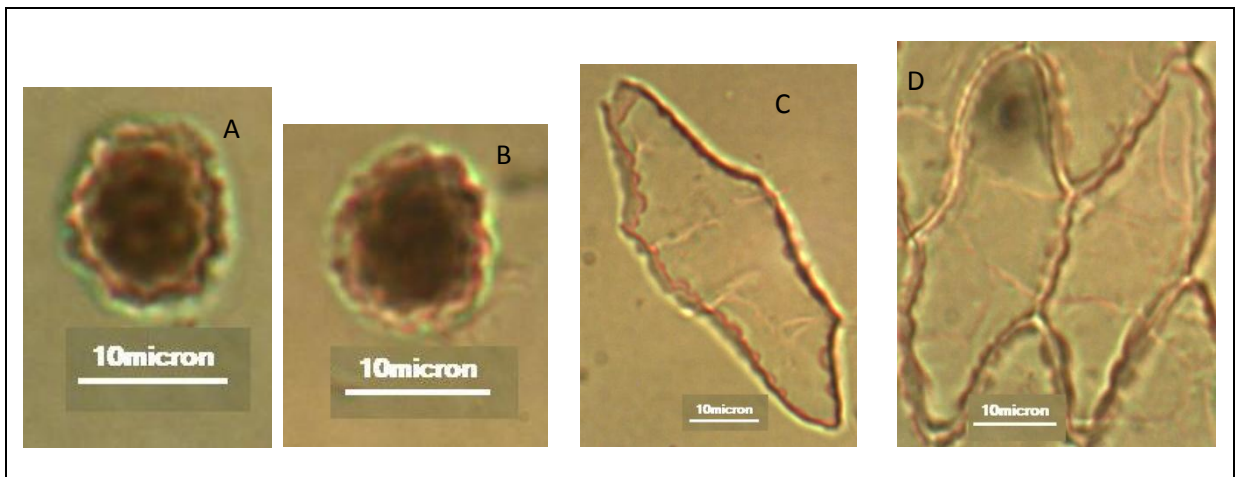
As pranchas 2 a 11 ilustram os morfotipos de fitólitos identificados na família da Arecaceae.



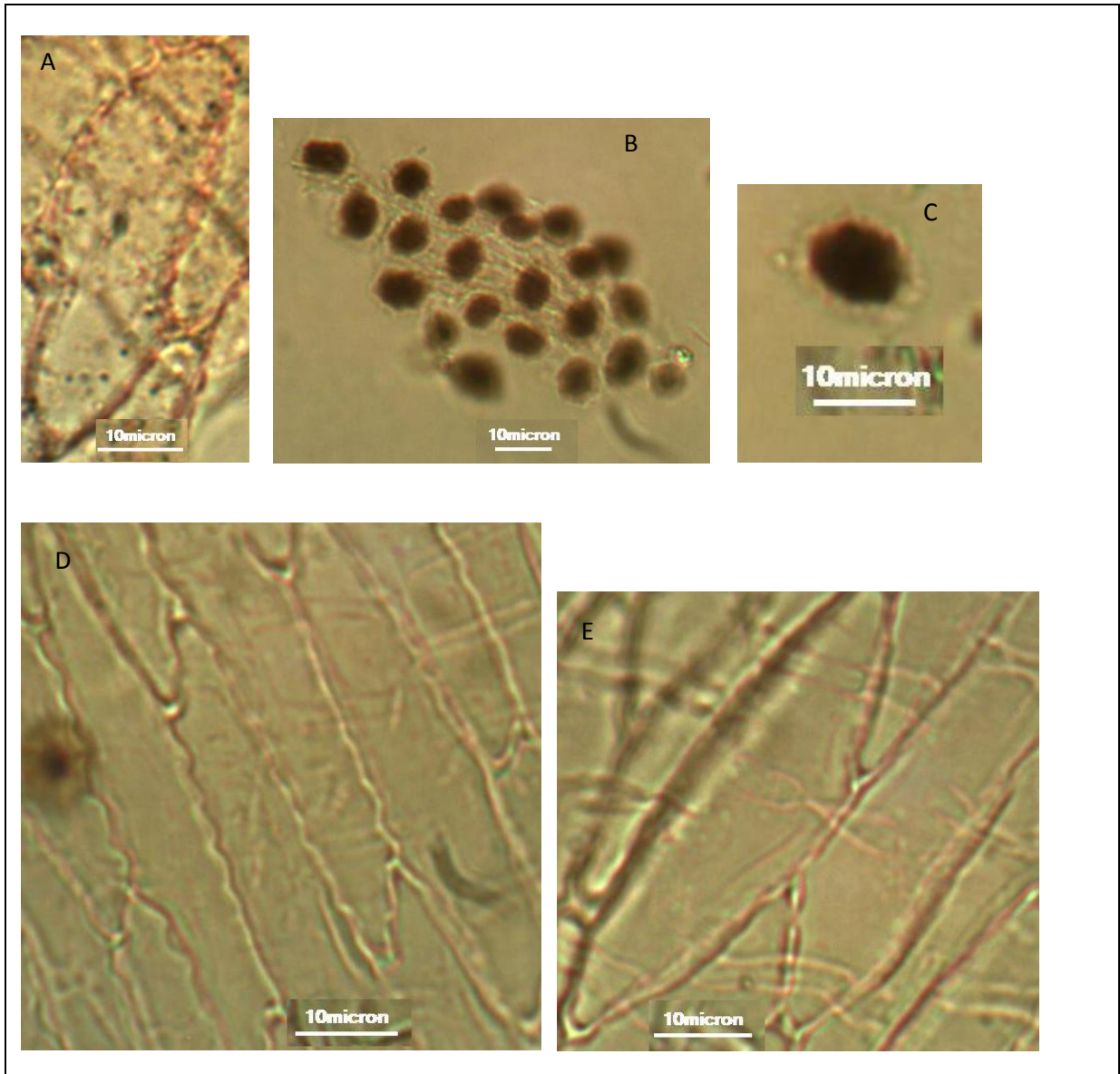
Prancha 2: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Bactris vulgaris*, (Arecaceae): A, B) *Trapeziform polylobate*; C) *Elongate*; D) *Jigsaw-puzzle*; E) *Stomato*; F, G) *Elongate crenate*. Escala utilizada 10 μ m.



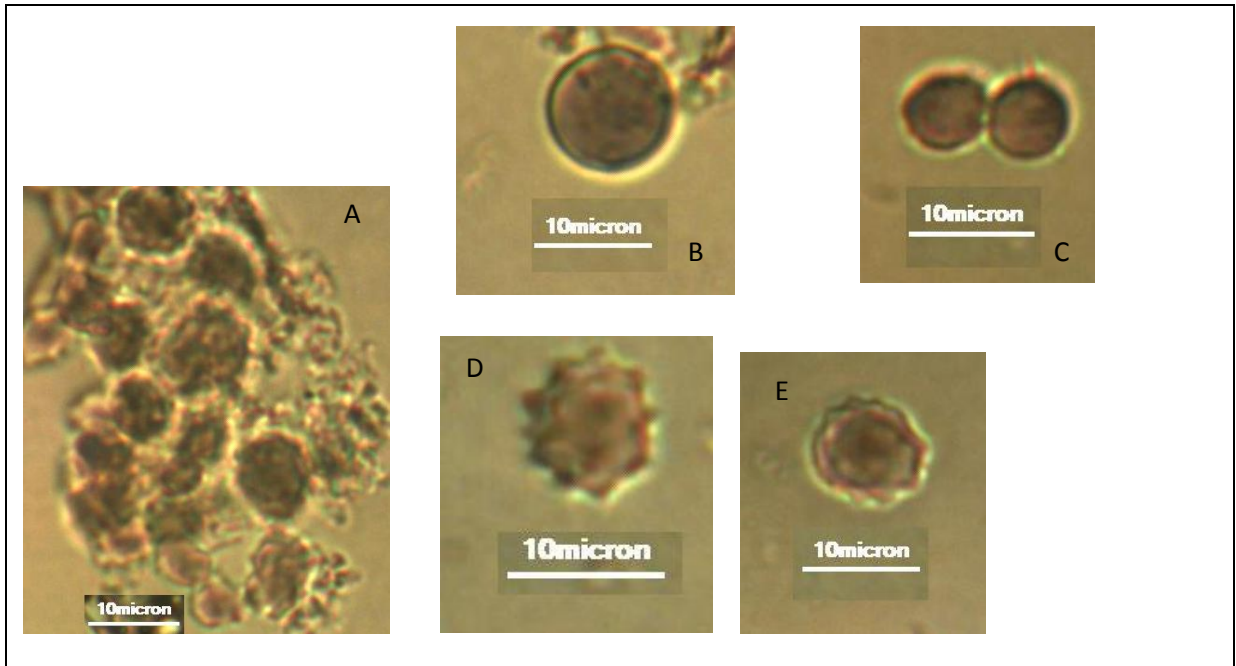
Prancha 3: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Astrocaryum aculealissinum* (Arecaceae): A , B, C) *Conical echinate base* ; D) *Fusiform flat*; E) *Elongate*. Escala utilizada 10 μ m.



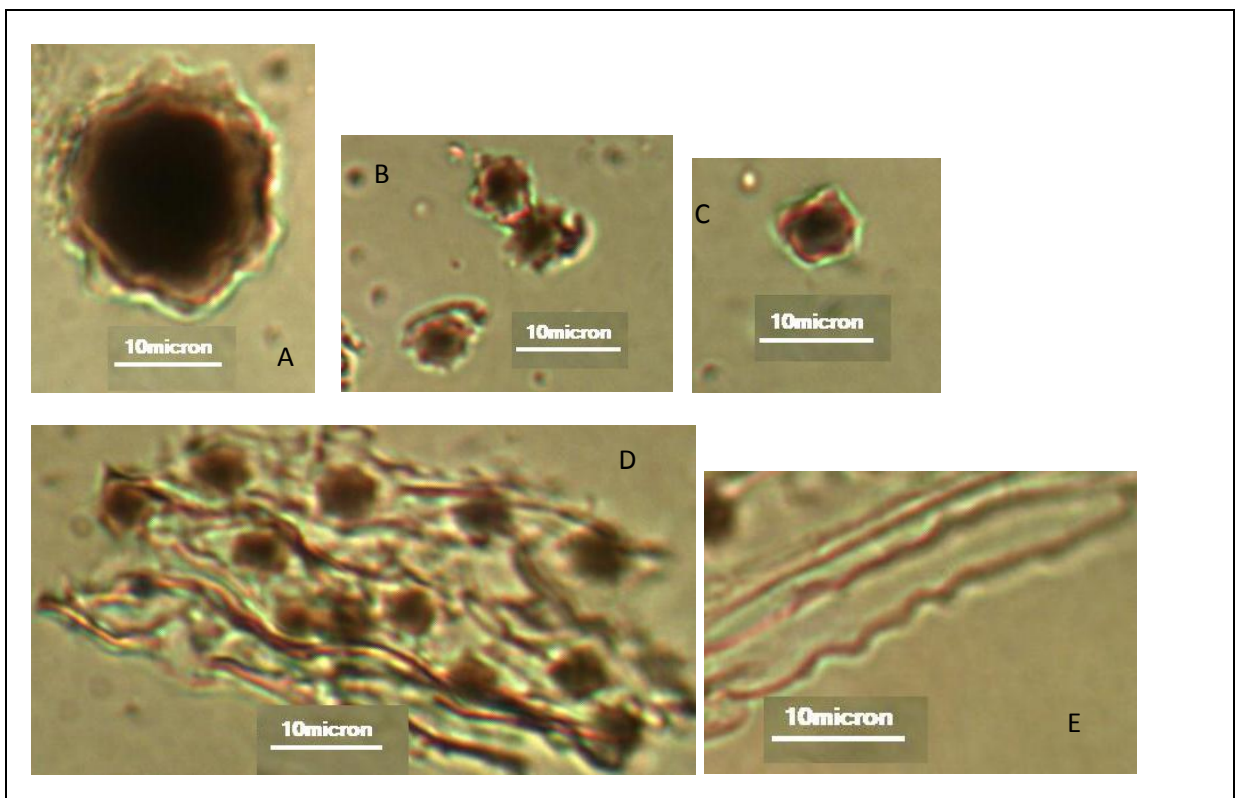
Prancha 4: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Geonoma elegans* (Arecaceae): A ,B) *Globular echinate*; C , D) *Fusiform flat*. Escala utilizada 10 μ m.



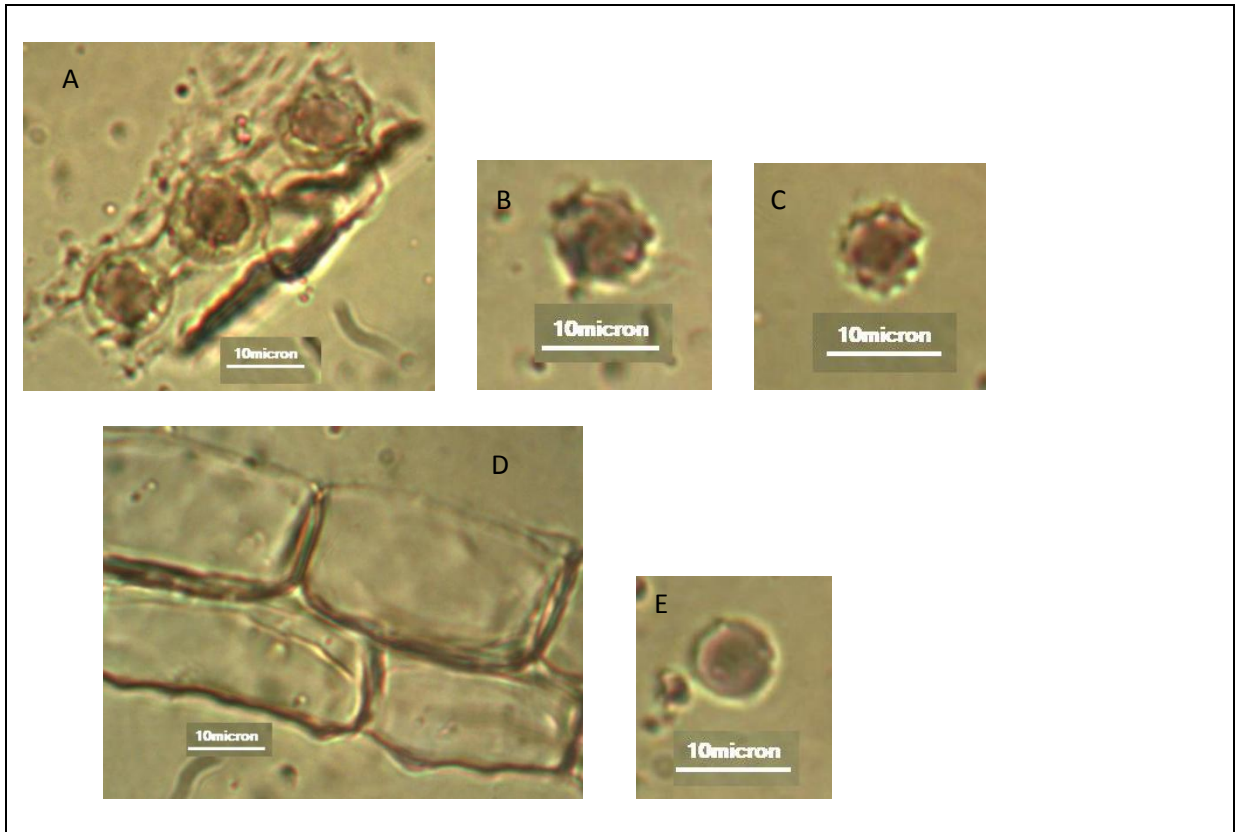
Prancha 5: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Geonoma rodienses* (Arecaceae): A - E) *Fusiform flat*; B,C) *Globular echinate*, D) *fusiform flat sinuous*. Escala utilizada 10 μ m.



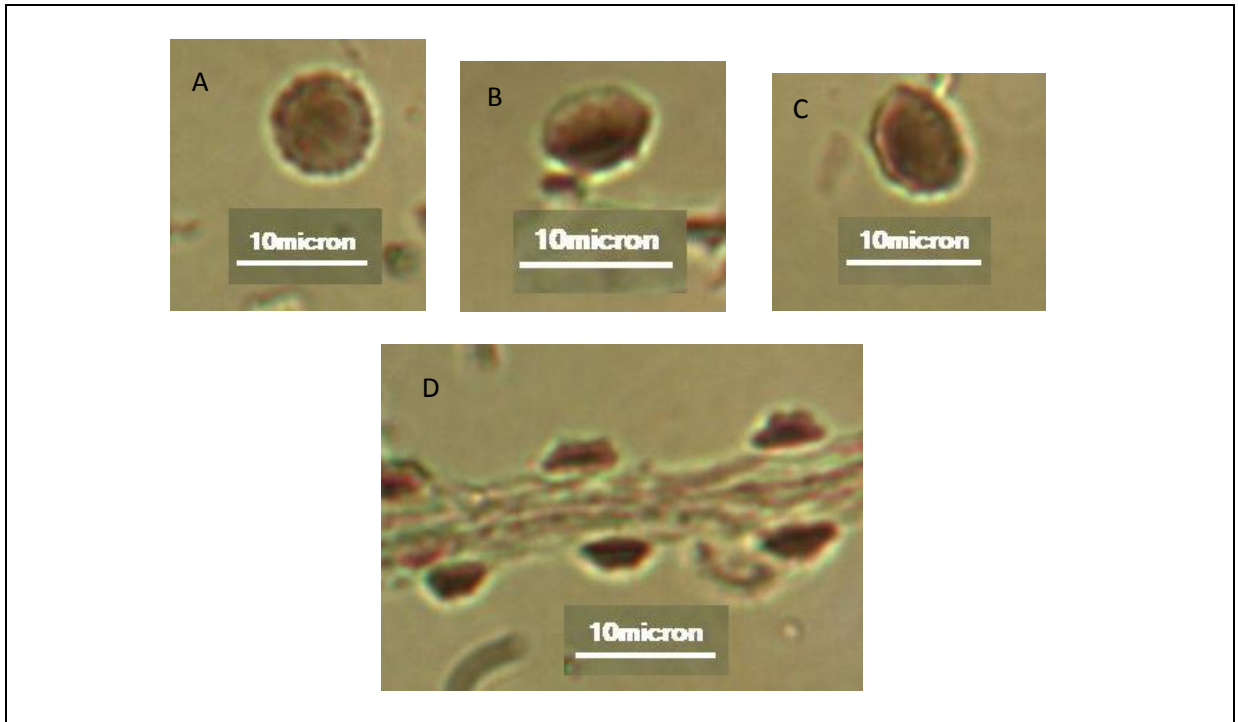
Prancha 6: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Polyandrococos caudencens* (Arecaceae): A , D, E) *Globular echinate*; B, C) *Globular smooth*. Escala utilizada 10 μ m.



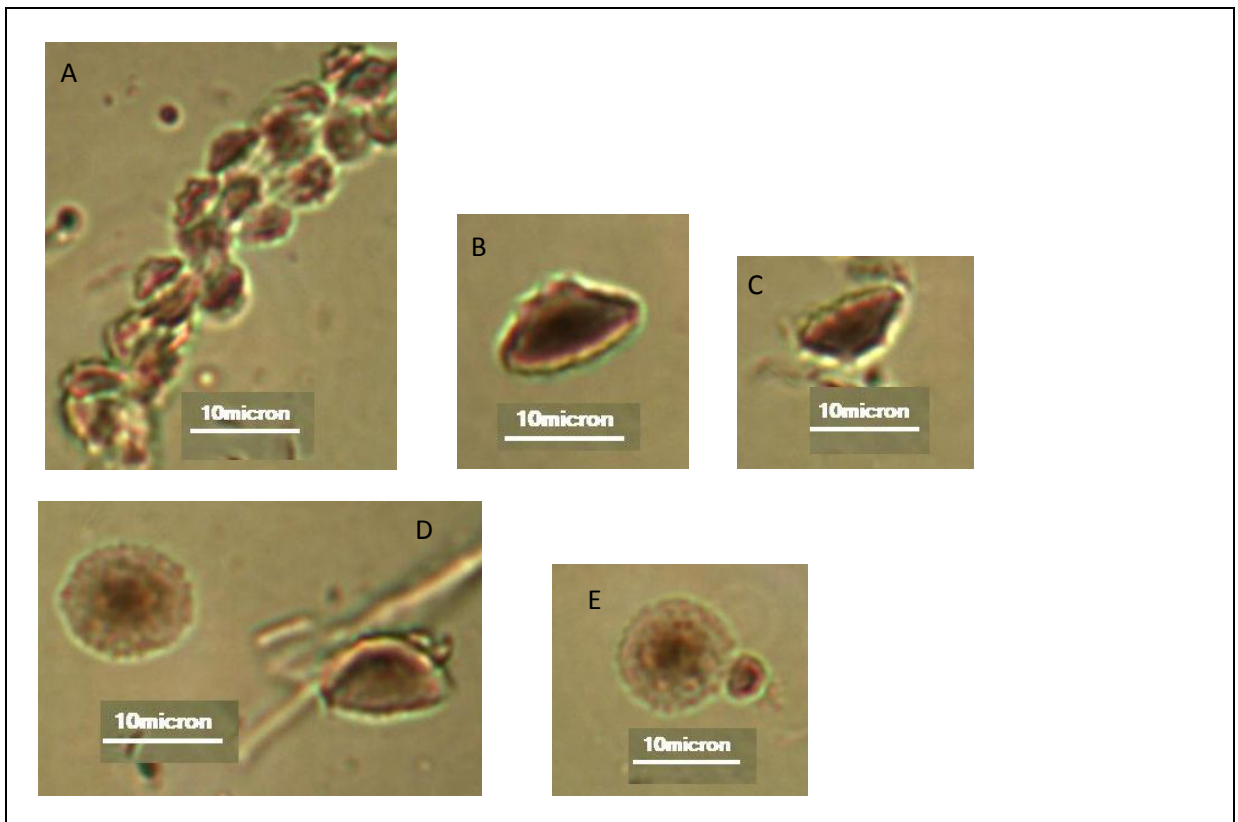
Prancha 7: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Euterpe edulis* (Arecaceae): A , B, C, D) *Globular echinate*, E) *elongate sinuous*. Escala utilizada 10 μ m.



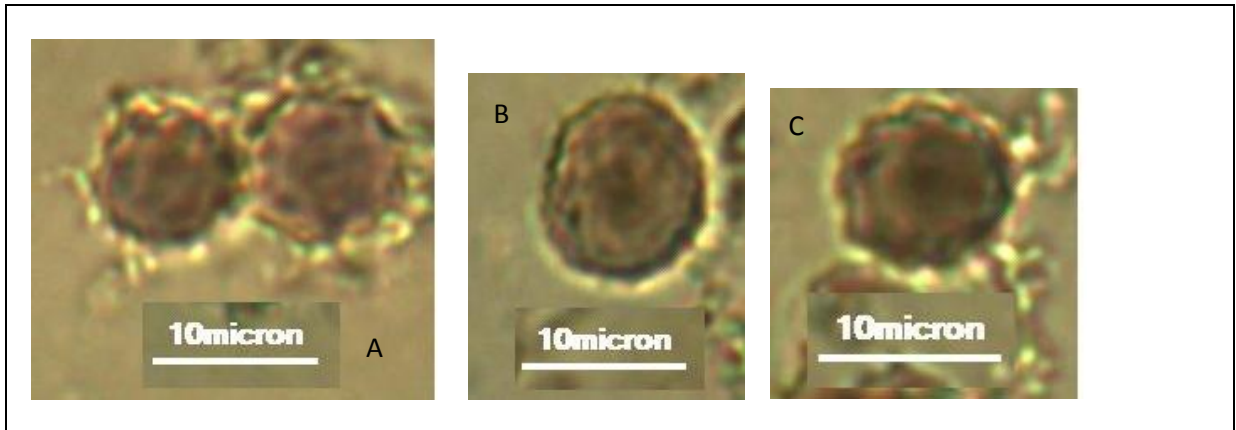
Prancha 8: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Alttalea humilis* (Arecaceae) : A , B, C) *Globular echinate* ; D) *Rectangle block*; E) *globular smooth*. Escala utilizada 10 μ m.



Prancha 9: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Bactris bahiensis* (Arecaceae): A, B, C, D) *conical echinate base*. Escala utilizada 10 μ m.

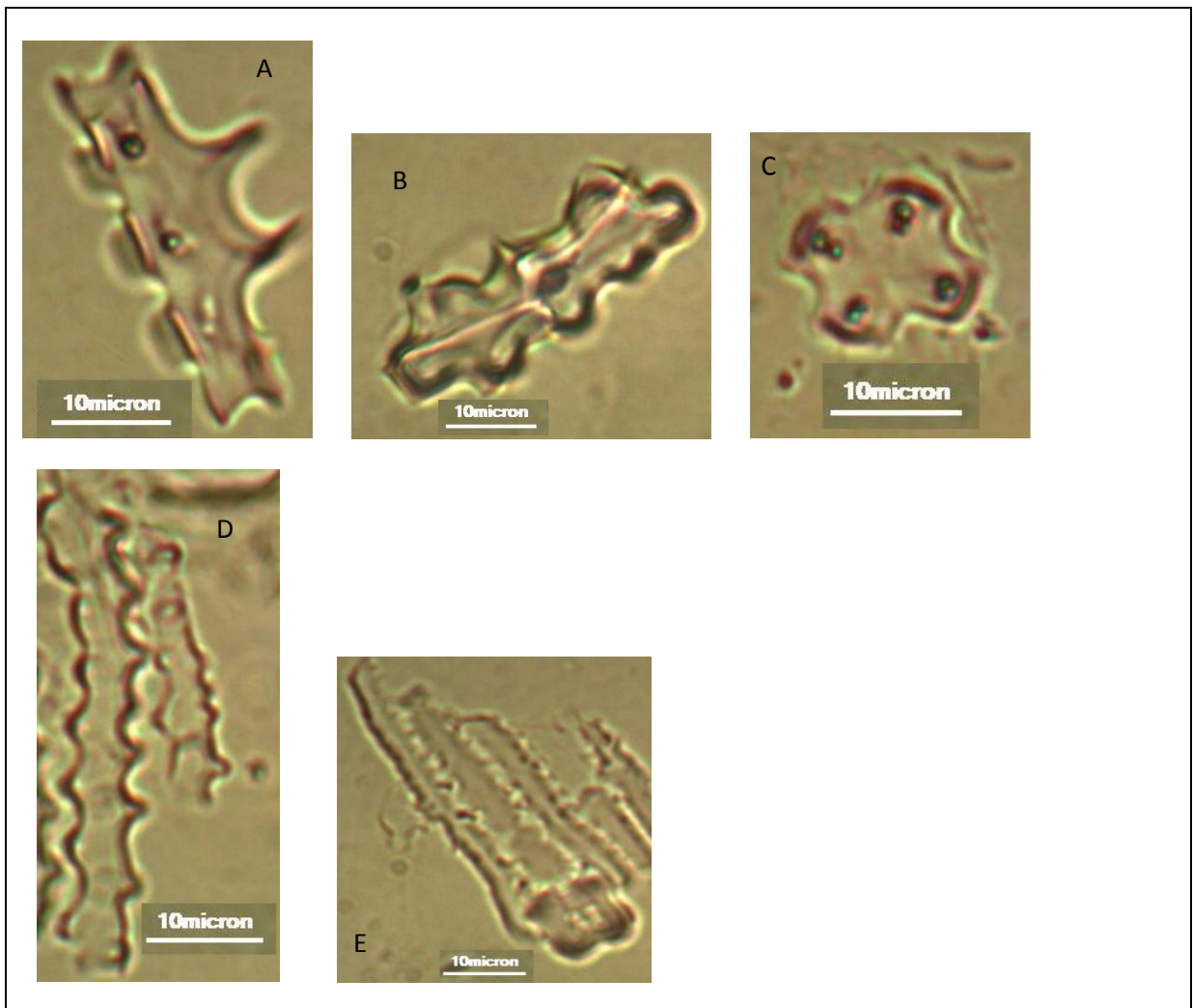


Prancha 10: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Bactris cayotefolia* (Arecaceae): A) *conical echinate base articulate*; B – C – D - E) *conical echinate base*. Escala utilizada 10 μ m.

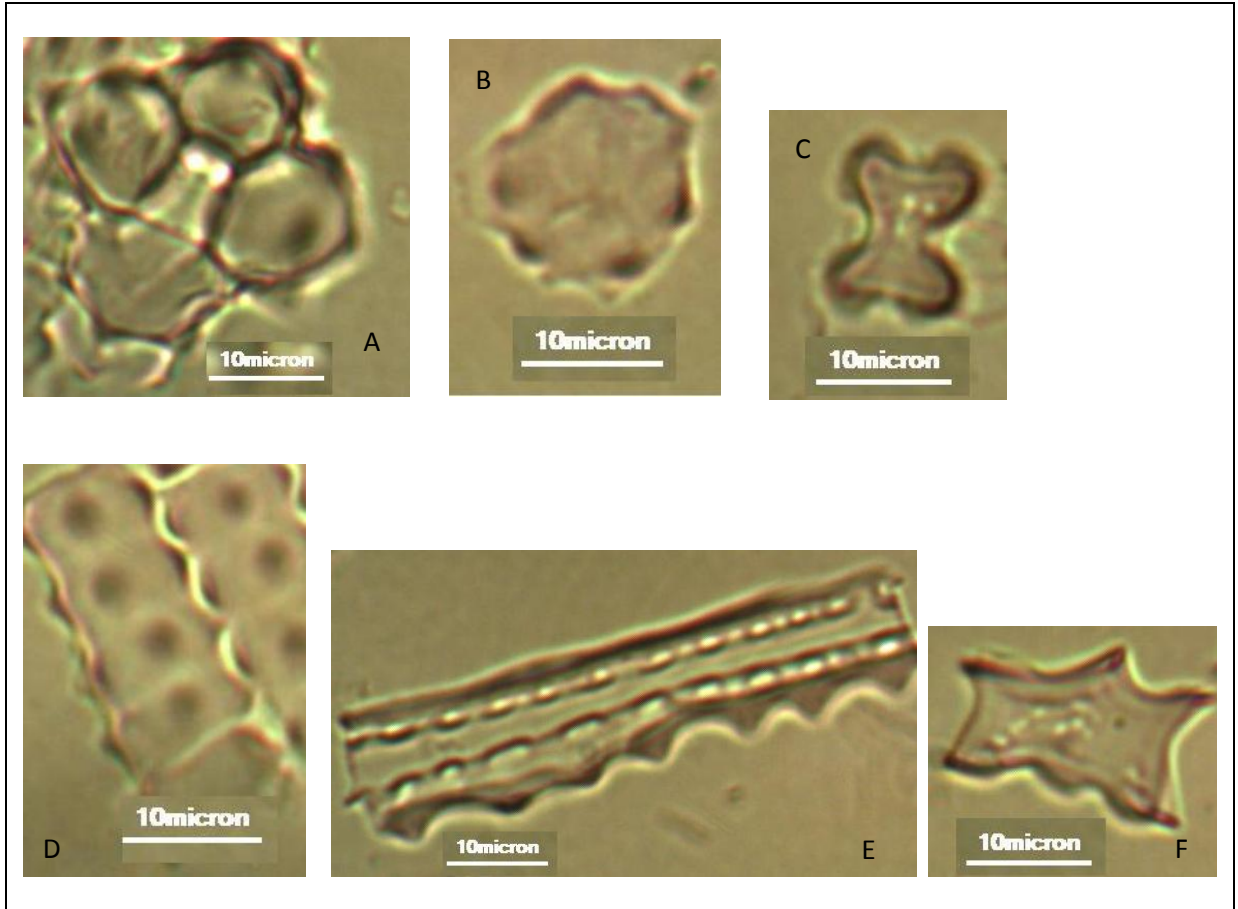


Prancha 11: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Allagoptera arenaria* (Arecaceae): A, B, C) *Globular echinate*. Escala utilizada 10 μ m.

Os Morfotipos de fitólitos identificados na família da Poaceae são ilustrados nas Pranchas 12 e 13.

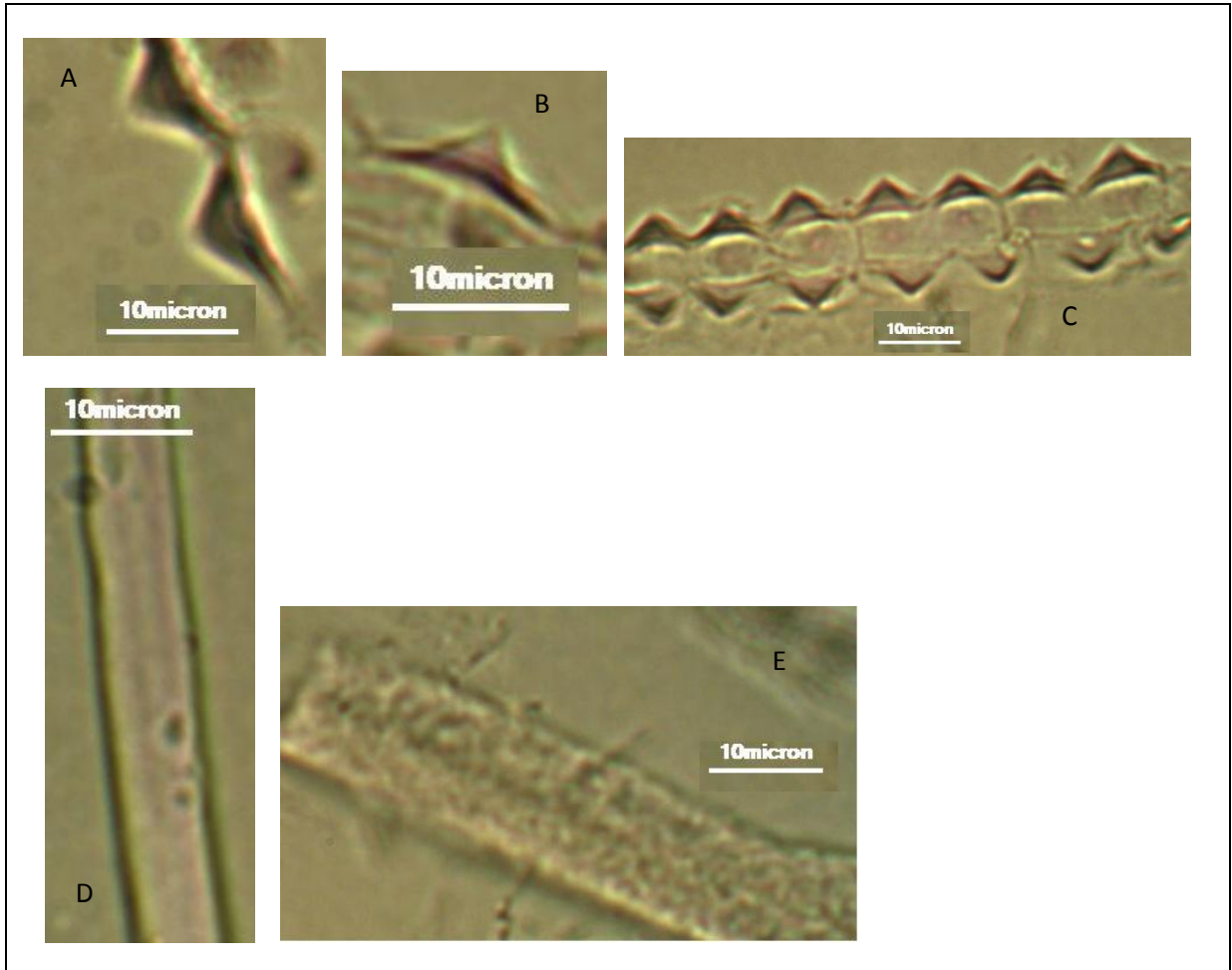


Prancha 12 A: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Olyra latifolia* (Poaceae): A, B) *Trapeziform polylobate*; C) *Cross*; D, E) *Elongate sinuous*. Escala utilizada 10 μ m.

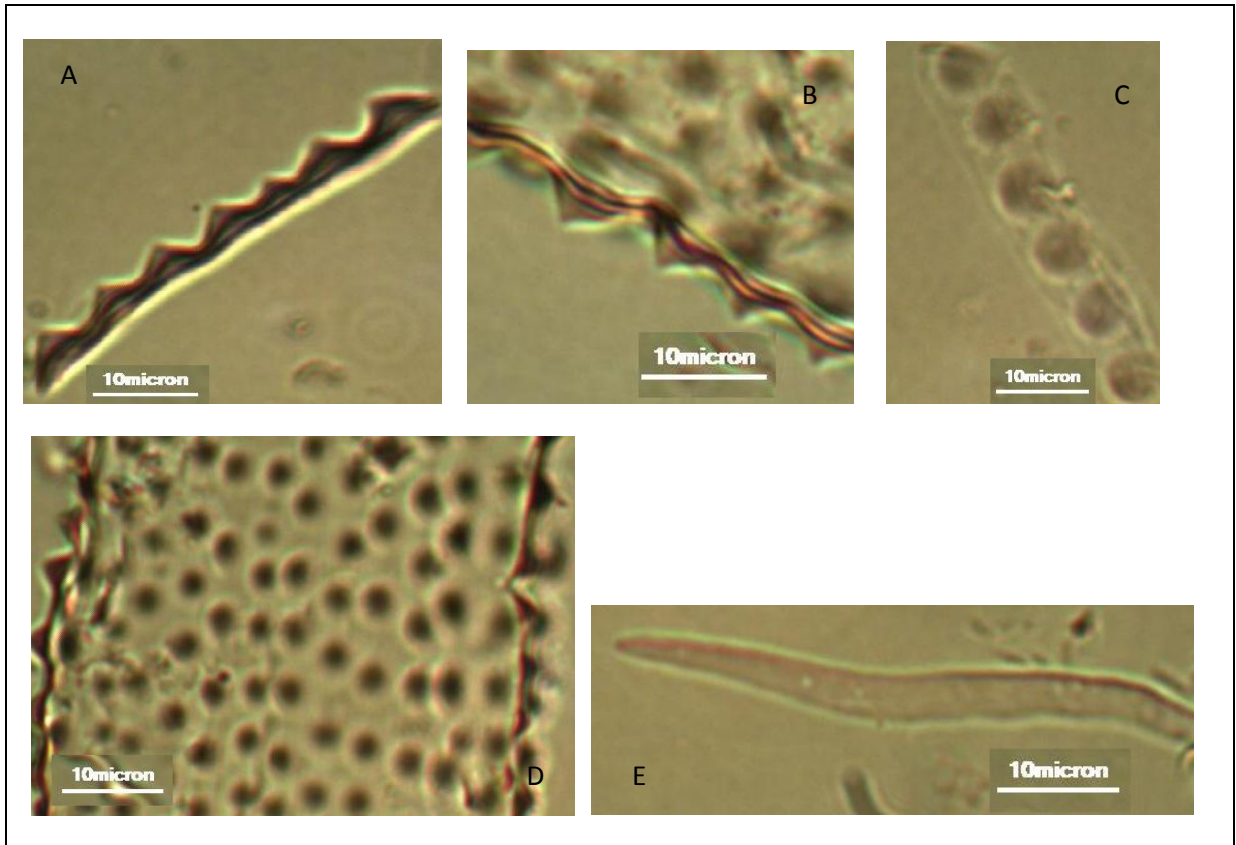


Prancha 13: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nos talos da espécie *Olyra latifolia* (Poaceae): A, B) Globular sinuate small ; C) *Cross*; D, E) *Elongate sinuous*; F) *Trapeziform polylobate*. Escala utilizada 10 μ m.

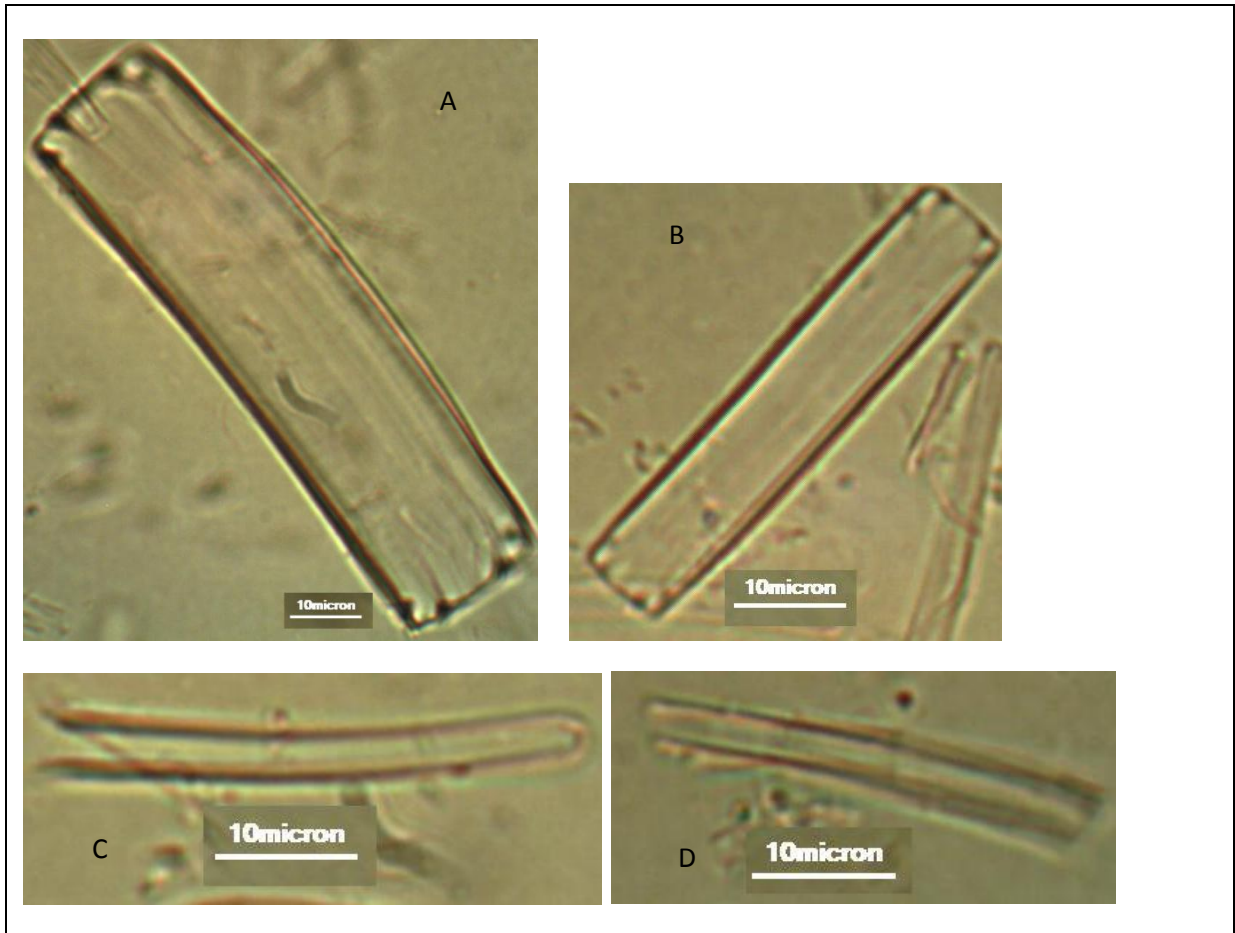
As pranchas 14 a 17 ilustram os morfotipos de fitólitos identificados na família da Cyperaceae.



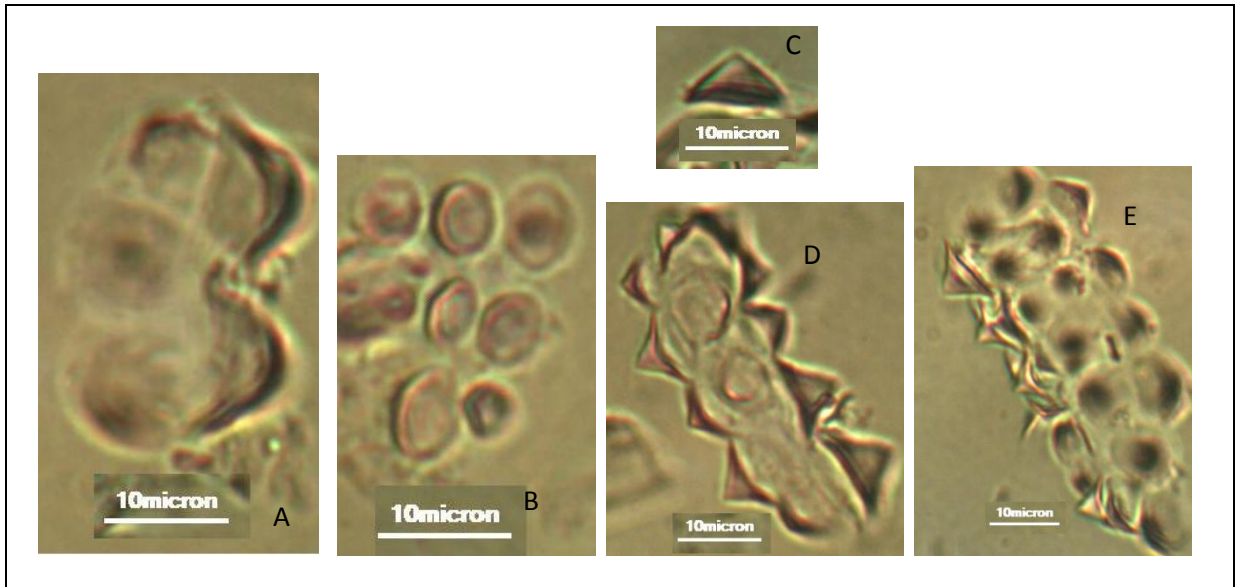
Prancha 14 A: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Cyperus distatus* (Cyperaceae): A, B, C) *Conical*; D, E) *elongate*. Escala utilizada 10 μm .



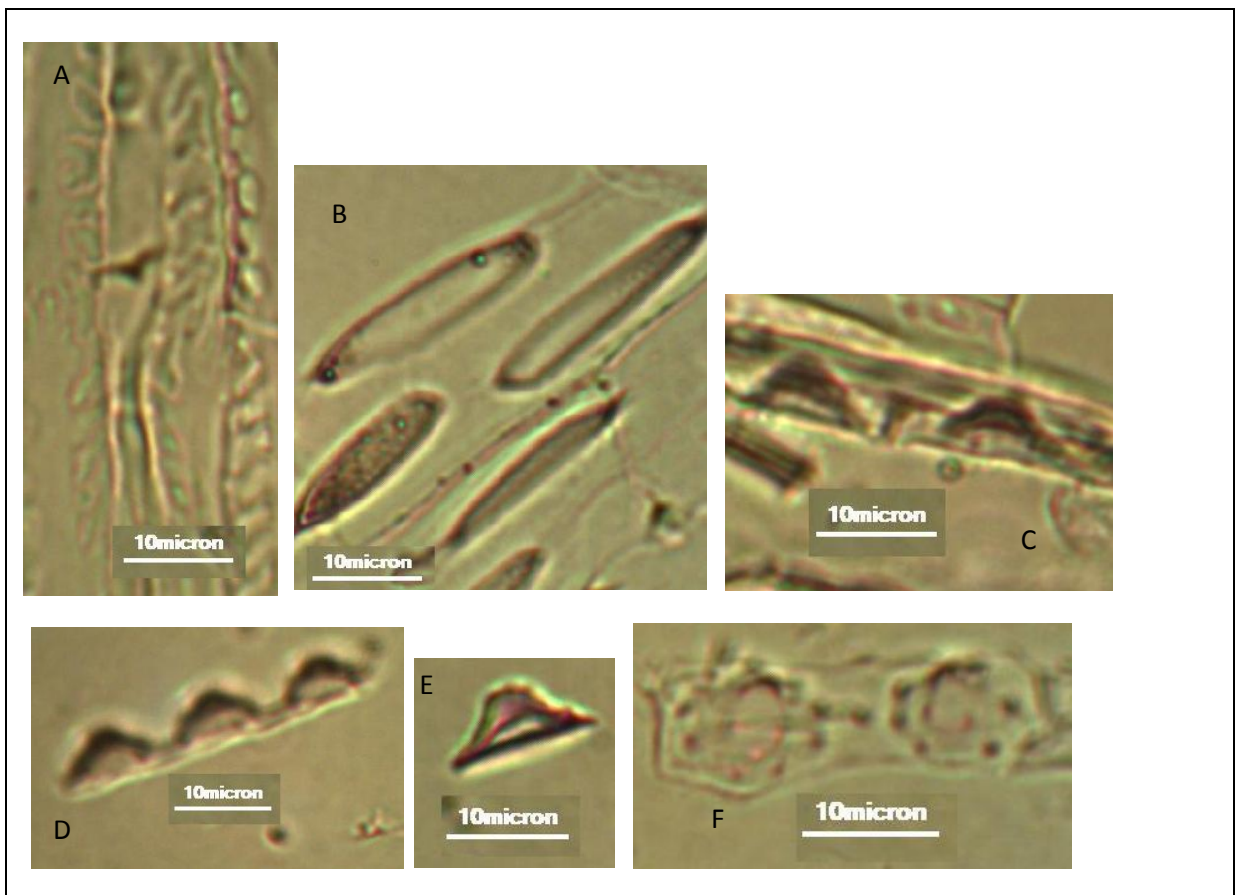
Prancha 14 B: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nos talos da espécie *Cyperus distatus* (Cyperaceae): A, B, C,D) *conical*, E) *elongate*. Escala utilizada 10 μm .



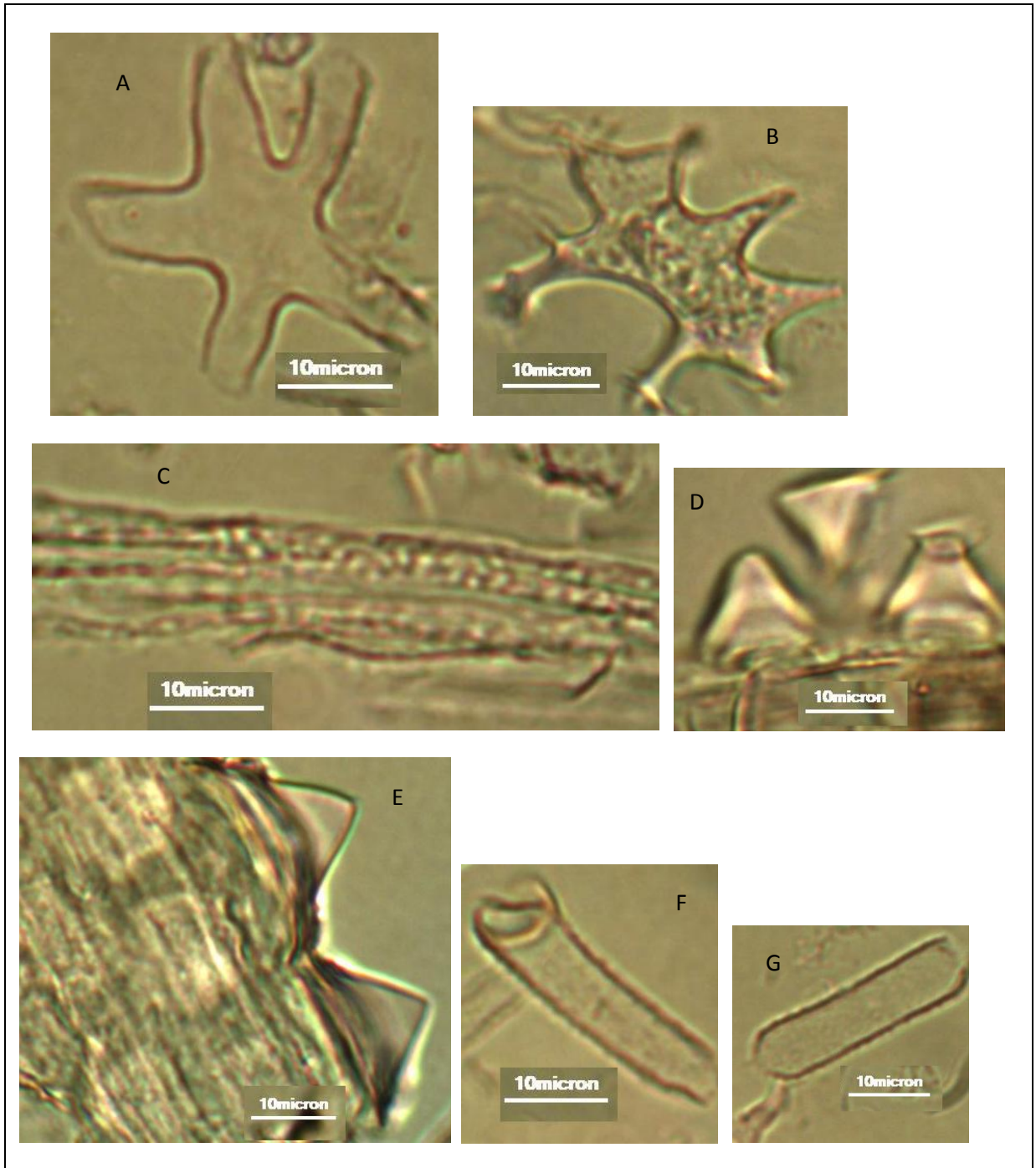
Prancha 14 C: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas raízes da espécie *Cyperus distatus* (Cyperaceae): A, B) *Tabular rectangle*; C, D) *Elongate*. Escala utilizada 10 μm .



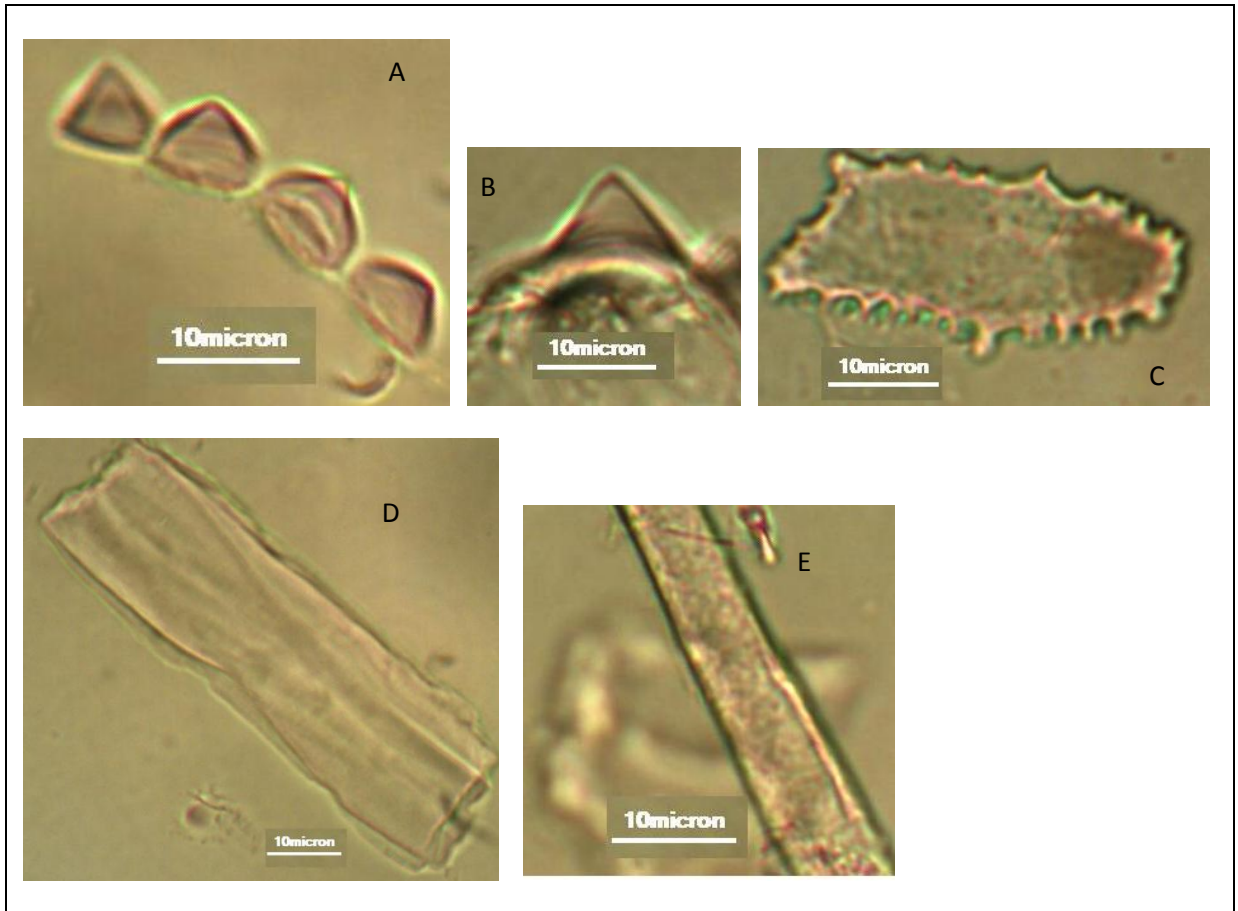
Prancha 14 D : Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas sementes e flores da espécie *Cyperus distatus* (Cyperaceae): A, B, C, D, E) *Conical*. Escala utilizada 10 µm.



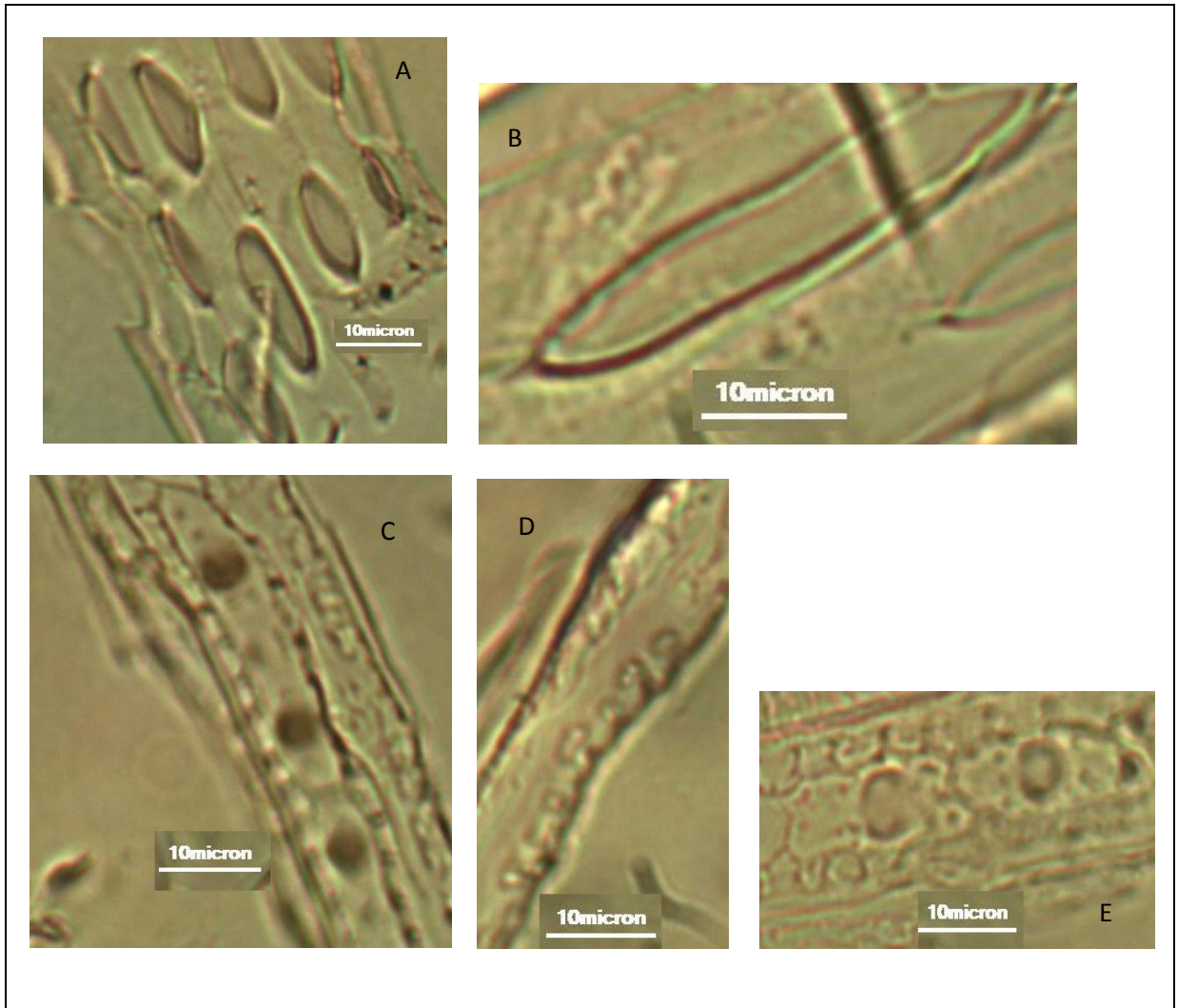
Prancha 15: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Eleocharis intertectas* (Cyperaceae): A) *Elongate sinuous*; B) *Fusiform flat*; C, D, E) *Conical*, F) *conical base*. Escala utilizada 10 µm.



Prancha 16 A: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Bequeria cymosa* (Cyperaceae): A, B) *Jigsaw-puzzle*; C) *Elongate sinuous*; D, E) *Conical*, F, G) *cylindrical*. Escala utilizada 10 μm .

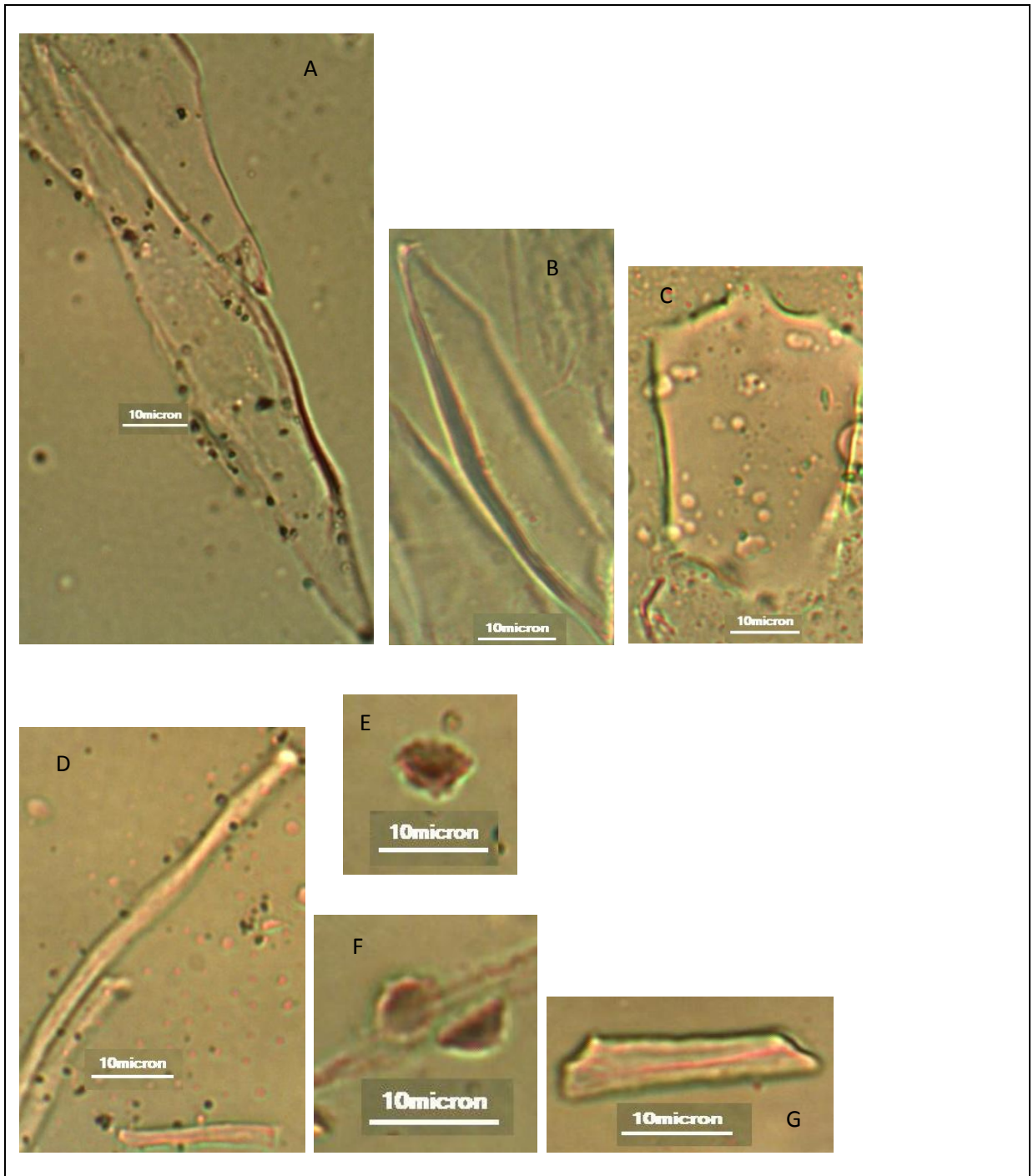


Prancha 16 B: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas flores da espécie *Bequeria cymosa* (Cyperaceae): A, B) *Conical*; C) *Elongate sinuous*; D) *Tabular rectangle*; E) *Elongate*. Escala utilizada 10 μm .

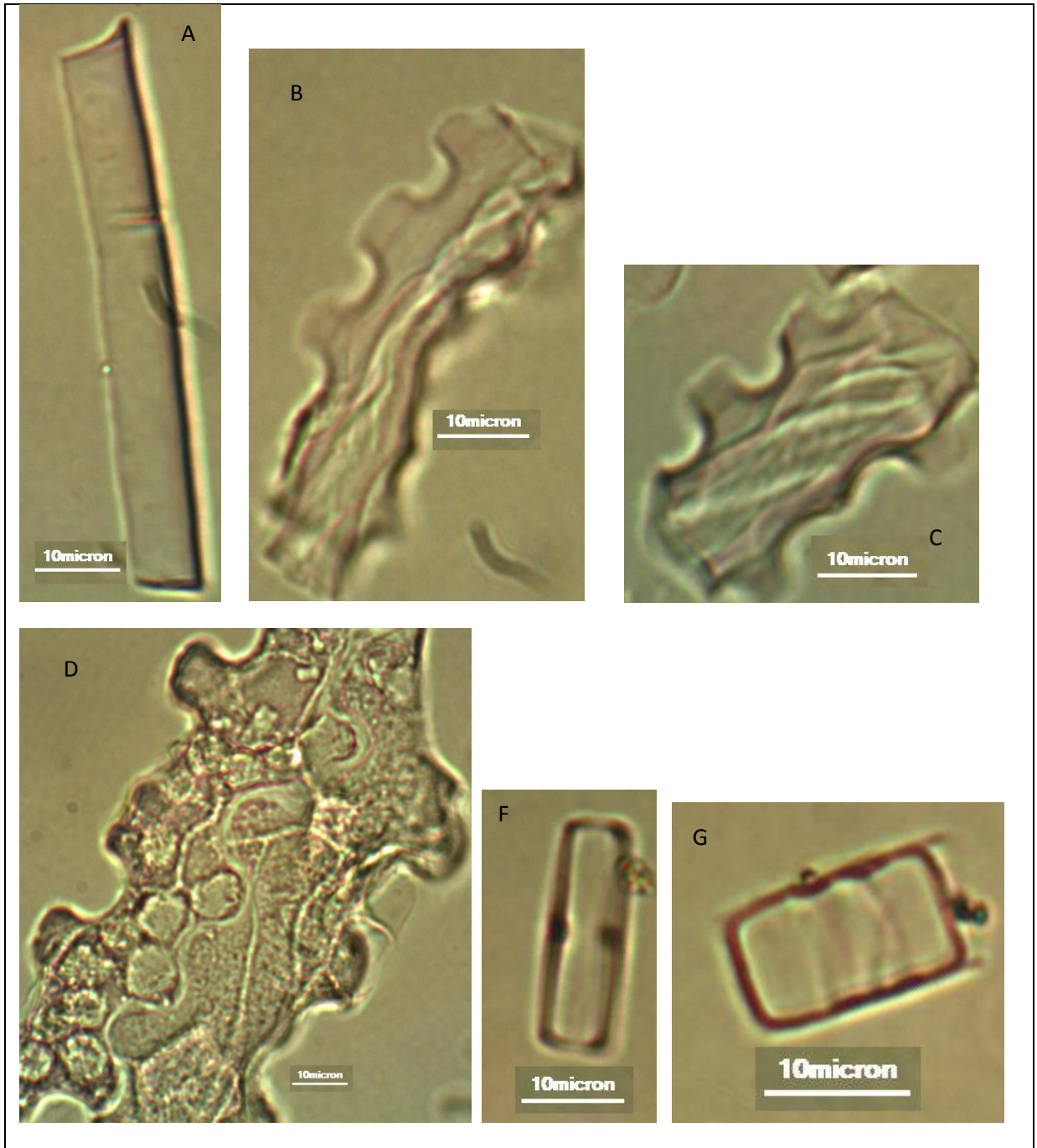


Prancha 17: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Eleocharis S.p.* (Cyperaceae): A, B) *Fusiform flat*; C) *elongate*; D) *Elongate sinuous*; E) *conical base*. Escala utilizada 10 μm .

Morfotipostípicos identificados na família da Pteridophytae são apresentados nas pranchas 18 e 19.



Prancha 18: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Adiantum Sp.*
 A, (Pteridophytae): A, B) *Fusiform flat*; C) *Rectangle flat*; D) *Elongate*; E, F) *Conical*; G) *Rectangle carinate*.
 Escala utilizada 10 μ m.



Prancha 19: Principais morfotipos de fitólitos produzidos nas folhas da espécie *Adiantum S.p.B* (Pteridophytae): A) *Elongate*; B, C) *Trapeziform crenate*; D) *Jigsaw-puzzle*; F, G) diatomáceas. Escala utilizada 10 μ m.

4.4 Análise de componentes Principais e Cluster

Para a análise multivariada foram usados os dados de frequência em porcentagem de todas as amostras (espécies e partes de espécies). Os resultados indicaram que os quatro primeiros componentes explicam 65,6% da variância entre os dados e dos agrupamentos (Tabela 9).

Tabela 9: Descrição dos resultados da matriz de correlação Pearson para Análise de Componentes Principais

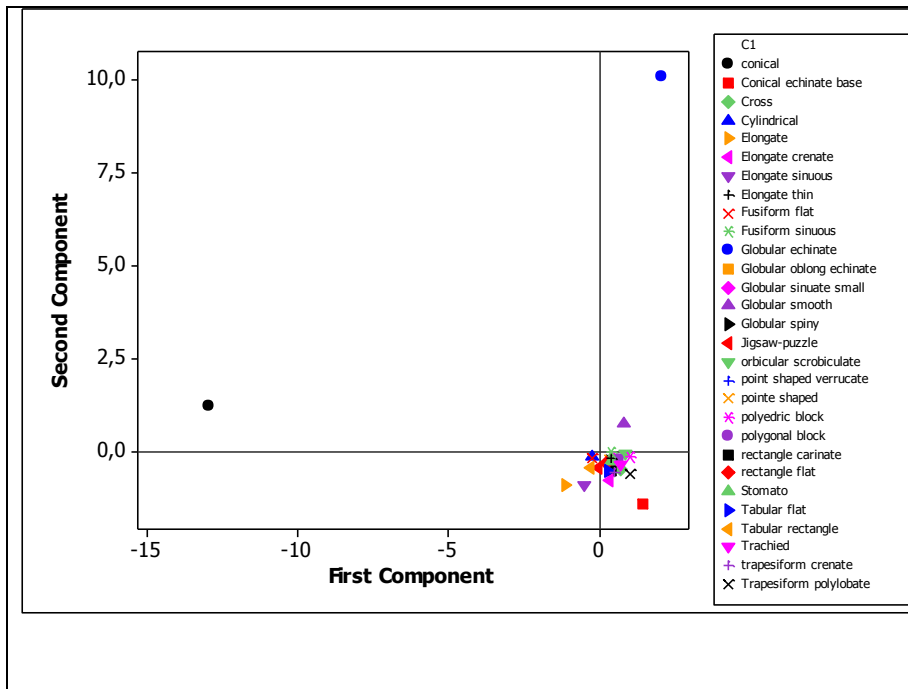
PCA	Autovalor	Proporção	Proporção acumulativa
PCA1	6,475	28,2	28,2
PCA2	3,95	17,2	45,3
PCA3	2,99	13,0	58,3
PCA4	1,68	7,3	65,6

A PCA-Eixo 1 é responsável por 28,2% da variância total entre as amostras e as PCA-Eixo 2, PCA-Eixo 3 e PCA-Eixo 4, correspondem a 17,2%, 13,0%, e 7,3% respectivamente da variância entre as 23 amostras das 18 espécies. A PCA-Eixo1 é definida pelas variáveis *A. humilis*, *G. rodienses*, *G. elegans*, *Polyandrocos* (quadrante positivo) e pelas variáveis *C. distatus*, *B. cymosa*, e *Eleocharis Sp.* (campo negativo). A PCA – Eixo 2 é influenciada, no quadrante positivo, pelas amostras *G. rodienses*, *G. elegans*, *Polyandrocos*, *A. humilis* e, em menor proporção a *Adiantum Sp A*, a *C. distatus* e *B. Cymosa* e no quadrante negativo pelas variáveis *A. aculealissimum*, *B. carytafolia*, *B. bahienses*, *B. vulgares*.

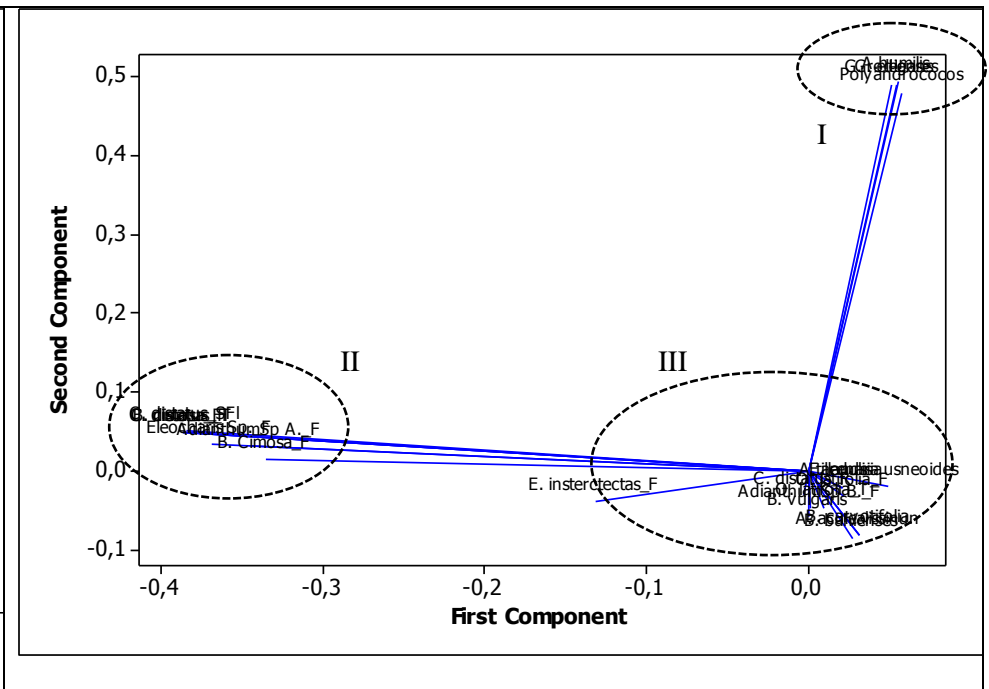
Em um primeiro exercício, considerando os hábitos ecológicos das espécies estudadas parece que a PCA-Eixo1 refere-se a umidade, agrupando no quadrante positivo as espécies de melhor adaptação a ambiente seco e vegetação mais aberta e no negativo aquelas de hábitos preferenciais a maior umidade (vegetação mais fechada). Já a PCA-Eixo 2 indica condições de maior insolação (mais quente) no quadrante positivo e mais ameno no quadrante negativo (Figura 4).

Figura 4: Análise de componentes principais de variáveis relacionadas a produção de fitólitos no estrato arbóreo da Floresta Ombrófila Densa – Terras Baixas, Linhares (ES) .a) Gráfico de autovetores das variáveis. b) Plano de elipses e dispersão das espécies agrupadas de acordo com a produção de fitólitos.

a)



b)

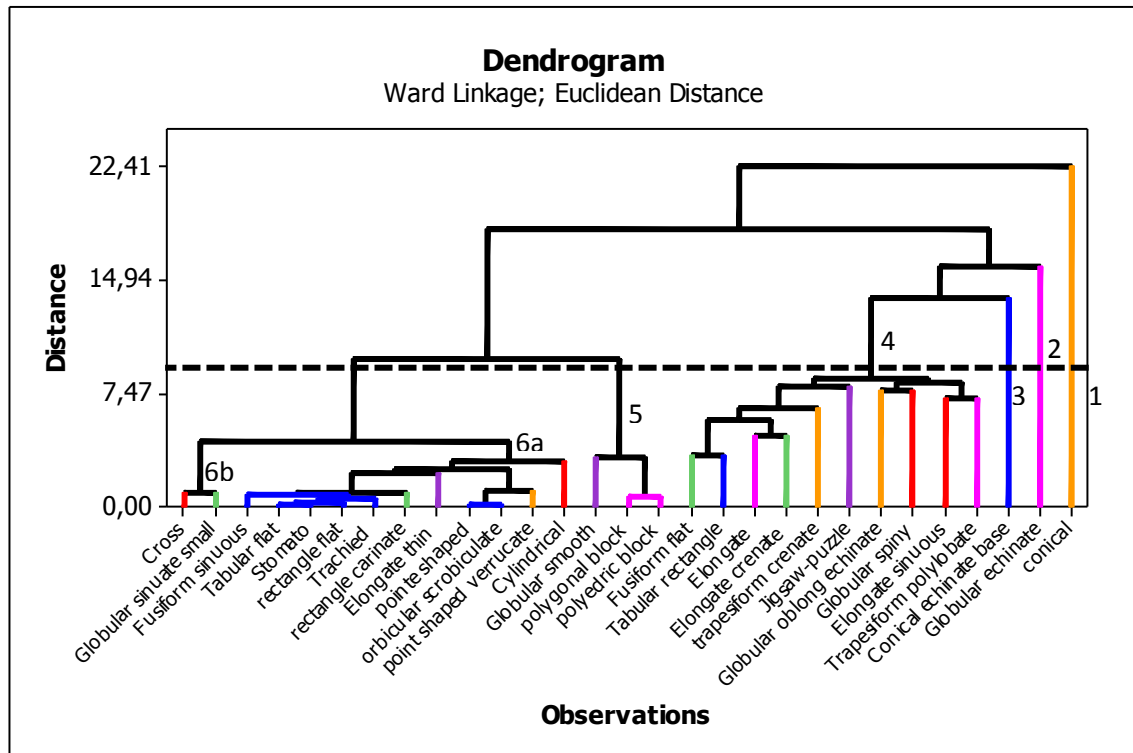


O Grupo I reuniu as espécies que apresentam predomínio do morfotipo *globular echinate*, o Grupo II aquelas que têm predomínio do morfotipo *conical* e o Grupo III as demais espécies que não possuem morfotipos com significado taxonômico relevante, à exceção da *Oliralatifolia*, que possui o morfotipo Cross, reconhecido na literatura como de Poaceae (Twis, 1969). As demais amostras do Grupo III apresentam boa a excelente produção de fitólitos, porém, apresentam forte redundância.

A análise de agrupamento (*cluster*) também demonstrou a tendência de agrupar as espécies por família e por hábito ecológico. Foram identificados 6 grupos (Figura 5):

- Grupo 1: é formado pelo morfotipo *conical*, típico e identificado somente nas espécies da Família Cyperaceae;
- Grupo 2: formado pelo morfotipo *globular echinate*, encontrado somente em plantas da Família Arecaceae;

Figura 5; Agrupamentos estatísticos (clusters) dos morfotipos de fitólitos identificados e espécies representativas dos Estratos inferiores da Floresta Ombrófila – Linhares (ES).



- Grupo 3: isola o morfotipo encontrado em algumas espécies de Arecaceae, o *conical echinate base*;

- Grupo 4: Esse grupo reúne todos os morfotipos de menor representatividade taxonômica principalmente das espécies da família Arecaceae, seguida pelas famílias Pteridophytae, Poaceae e Cyperaceae, respectivamente.
- Grupo 5: representa os morfotipos da única espécie de Bromeliaceae (*T. usneoides*), *polyedric block*, *polygonalblock* e *globularsmooth*.
- Grupo 6: esse agrupamento foi dividido em **a** e **b**, haja vista que os morfotipos típicos de Poaceae se isolam e apresentam forte similaridade;
- Grupo 6a: agrupa com forte similaridade todos os morfotipos que são comuns em várias espécies das famílias Arecaceae, Pteridophytae, e Bromeliaceae.
- Grupo 6b: isola as células curtas de Poaceae, *cross* e *globular sinuate small*.

CONCLUSÕES

Foram estudadas ao todo 5 famílias que agrupam as 18 espécies, divididas em partes totalizando 23 amostras. Ao final desse trabalho os resultados permitem considerar que:

- não existe correlação entre a quantidade cinza final e a produção fitólitos entre as amostras;

- todas as amostras apresentaram quantidade e variedade significativas de fitólitos, à exceção da espécie representativa da família Bromeliaceae que apresentou baixa quantidade de fitólitos e a *A. arenaria* que produziu um único morfotipo, o *globular echinate*.

- a máxima multiplicidade foi observada na família Cyperaceae, onde até 6 morfotipos diferentes foram identificados; a redundância também, mais uma vez, foi corroborada com os morfotipos *globular echinate*, *conicaleelongates*, entre outros, produzidos por várias espécies de diferentes famílias;

- O morfotipo mais comum entre as espécies foi o *elongate*, porém o mesmo não possui significado taxonômico porque é produzido por quase todas as plantas estudadas, sendo assim aporta muito pouca informação sobre o hábito ambiental das plantas que os produzem;

- O morfotipo *conical* é redundante entre as espécies de Cyperaceae, sendo considerado um morfotipo com significado taxonômico em nível de família, embora neste estudo também tenha sido identificado em uma espécie de Pteridophytae;

- O *globular echinate*, assim como citado na literatura corrente, foi encontrado exclusivamente nas espécies de Arecaceae, com variações que permite classificá-los, inicialmente, em nível de espécie. Porém, mais indivíduos destas e de mais espécies dessa família precisam ser analisados para definir tal nível de correlação;

- O *conical base echinate* foi encontrada somente em três espécies de Arecaceae (*A. aculeassinum*, *B. caryotaefolia* e *B. bahiensis*); indicando mais um potencial morfotipo com significado taxonômico para essa família;

- A Poaceae *Olyra latifolia*, não apresentou nenhum morfotipo diferente daqueles já citados na literatura, típicos para gramíneas de padrão fotossintético C4, isto é *trapeziform polylobate*, o *cross*

- Os morfotipos mais robustos (*polyedric block*, *polygonalblock* e *globularsmooth*) e de formas mais angulosas, foram encontrados somente na espécie de Bromeliaceae, diferindo do conjunto analisado, porém mais parecido com a assembleia produzida por eudicotileneae, estudada por outro membro do grupo de pesquisa (Paula F.Lima, *inédito*).

- A análise estatística serviu para demonstrar a afinidade entre as espécies a partir dos conjuntos de fitólitos de cada uma, reforçando o significado taxonômico de morfotipos como o globular *echinate* e os *conical*;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, Aziz. Domínio Tropical Atlântico. In: AB'SABER, Aziz. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editora, 2003, p.45-63.
- ALBERT, R. M.; BAMFORD, M. K.; CABANES, D. Palaeocological Significance of Palms at Olduvai Gorge, Tanzania, Based on Phytolith Remains. **Quaternary International**, 2009, p.41-98.
- BAMFORD, M. K.; ALBERT, R. M.; CABANES, D. Plio-Pleistoceno Macroplant Fossil Remains and Phytolith from Lawermost bed II in the Destern Palaeolake Mangin of Odiwai Gorge, Tanzania. **Quaternary International**, 2006, p. 95 – 112.
- BRADLEY, Raymond S. **Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary**. Academic Press Elsevier: Amsterdam, 1999, p.01-10.
- BESSAT, Frédéric. A Mudança Climática Entre Ciência, Desafio E Decisões: Olhar Geográfico. In: **Terra Livre: São Paulo**. Ano 19 – Vol I – n. 20, p 11-26, 2003.
- BORBA-ROSCHER, Mirian, et al. Phytolith as Indicators of Pedogenesis and Paleoenvironmental Changes in Brazilian Cerrado. **Journal of Geochemical Exploration**, Amsterdam, 2006, p. 172-176.
- BUSO JUNIOR, Antonio. **A Dinâmica Ambiental Holocênica (Vegetação, Clima E Nível Relativo Marinho) Baseados Em Estudos Interdisciplinares De Alta Resolução, No Litoral Norte Do Estado Do Espírito Santo**. Piracicaba, SP, 2010, 190 p. Dissertação (Mestrado – Programa de pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura), Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.
- BONOMO, M. et al, Late Holocene Palaeoenvironments of the Nutria Monsa 1 Archaeological Site, Argentina. **Journal of Paleolimnology**, 41, 2009, p.273-296.
- CALEGARI, Marcia. R. **Ocorrência e Significado Paleoambiental do Horizonte A Húmico em Latossolos**. Piracicaba, SP, 2008, 259 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP.
- CALEGARI, Marcia R. et al. Opal phytolith extraction in oxisols. **Quaternary International**, 2011, p. 1-7.
- CAMPOS, Antonio C. de. e LABOURIAU, Luiz G. Corpos Silicosos de Gramíneas do Cerrado II. In: BRASIL, Ministério da Agricultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Vol. 4. 1969, p. 143-151.
- COE, Heloisa. H. G. **Silicofitólitos como Indicadores de Mudanças na Vegetação Xeromórfica da Região de Búzios, RJ, Durante o Quaternário**. Niterói, RJ, 2009, 256 p. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) Universidade Federal Fluminense – UFF.

CAVALCANTE, P. B. **Contribuições ao estudo dos corpos silicosos das gramíneas amazônica**. I. Panicoideae (Melinideae, Andropogoneae e Tripsaceae). Bol. Mus. Paraense Emilio Goeldi, Botanica 30, 11pg. 26 est. 1968.

FELIPE, Paula L. de L. **Coleção de Referência de Fitólitos de Eudicotiledoneas da Floresta Ombrófila Densa: subsídios para estudos paleoambientais em regiões tropicais**. Marechal Cândido Rondon, PR, 2012. Monografia (Geografia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

HONAINÉ, Mariana et al. Análise de fitólitos de Cyperaceae da região do Pampa Argentina. **Australian Journal of Botany**, 2009, p.512–523. Disponível em: http://cicytpp.academia.edu/AlejandroZucol/Papers/898386/Phytolith_analysis_of_Cyperaceae_from_the_Pampean_region_Argentina Acessado em: 02/10/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Desmatamento**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/desmatamento> Acessado em: 30/11/2012.

INTERNATIONAL COMMISSION IN STRATIGRAPHY - ICS. **International Stratigraphic Chart**. 2012. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/column.php?id=Chart/Time%20Scale> Acessado em 28/11/2012

KEALHOFER, Lisa e PIPERNO, Dolores. Opal Phytoliths in Southeast Asian Flora. **Smithsonian Contributions to Botany**. nº 88. Washington, 1998.

KIPNIS, Renato e SCHELL-YBERT, Rita. Arqueologia e Paleoambientes. In: SOUZA, Celia. et al. **Quaternário do Brasil**. Editora Holos: São Paulo, 2005, p. 343-362.

SUNDUE, Michael. Silica Bodies and their Systematic Implications in Pteridaceae (Pteridophyta). **Botanical Journal of the Linnean Society**, U.S.A. 2009, p.422-435.

LORENZI, Harri, et al. **Flora Brasileira Lorenzi: Arecaceae (Palmeiras)**. Instituto Plantarum: São Paulo, 2010.

MADELLA, Marco; ALEXANDRE, Anne; BALL, Terry. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. **Annals of Botany**, Oxford, v. 96, n.2, p. 253–260, 2005

OLIVEIRA, Paulo E. De. Et al. Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: SOUZA, Celia, et al. **Quaternário do Brasil**. Editora Holos: São Paulo, 2005, p.52-74.

OLLENDORF, A. L. e. Toward a **Classification Scheme of Sedge (Cyperaceae) Phytoliths**. In: Rapp Jr. G, & Mulholland, S. C. (eds.), Phytolith Systematics. Plenum Press, New York, 1992.

PEREIRA, João B. da S. e ALMEIDA, Josimar R. de. Biogeografia e Geomorfologia. In: GUERRA, Antonio J. T. & CUNHA, Sandra B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2010, p.195-289.

PESSENDA, Luiz C. R., et al. Isótopos do Carbono e suas Aplicações em Estudos Paleoambientais. In: SOUZA, Celia. et al. **Quaternário do Brasil**. Editora Holos: São Paulo, 2005, p. 75-93.

PIPERNO, Dolores R. **Phytolith Analysis: Na Archeological and Geological Perspective**. Academic Press Inc.: San Diego, 1988.

- PIPERNO, Dolores R. **Phytolith: A Comprehensive Guide for Aschaeologists and Paleoecologists**. Alta Mira Press: Lanham MD. 2006.
- PIPERNO, Dolores e PEARSALL, Debora. **The Silica Bodies of Tropical American Grasses: Morphology, Taxonomy, and Implications for Grass Systematics and Fossil Phytolith Identification**. Smithsonian Institution Press: Washington, 1998.
- PIMENTA, Veloso H. et al **Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991,124 p.
- PRYCHID, Christina et al. Systematics and Biology of Silica Bodies in Monocotyledons. **The New York Botanical Garden**, Bronx, NY 10458-5128, U.S.A, 2004, p. 398-401.
- RAPP, George Jr. e MULHOLLAND, Susan C. Phytolith Systematics: Emerging_Issues. **Advances in Archaeological and Museum Science**, New York and London. Vol.1. 1992, 350 p.
- RAITZ, Edenilson. **Coleção de Referência de Silicofitólitos da Flora do Sudoeste do Paraná: Subsídios para Estudos Paleoambientais**. Francisco Beltrão, 2012, 204 p. Tese (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.
- ROVNER, Irwin. Potential of Opal Phytolith for use in Paleoecological Reconstruction. **Quaternary Research**. San Diego, V.1. 1971, p. 343-359.
- ROSA, Maria. Reconstrucción de la vegetación en África Oriental durante el Plio-Pleistoceno através del estudio de fitolitos: La Garganta de Olduvai (Tanzania). **Revista Ecosistemas**, v.15, 2006, p.47-58.
- RUNGE, Freya. The Opal Phytolith Inventory of Soils in Central Africa: Quantities, Shapes, Classification, and Spectra. **Review of Palaeobotany and Palynology**. Amsterdam, vol. 107, 1999, p. 23-53.
- SCHEEL-YBERT, Rita, et al. Coleções de Referência e Bancos de Dados de Estruturas Vegetais: Subsídios para Estudos Paleoecológicos e Paleoetnobotânicos. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v.64, n.3, 2006, p.255-266.
- SALINO, Alexandre e ALMEIDA, Thais E. Pteridófitas. In: STEHMANN, João R. et al. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009, p. 19-25.
- STEHMANN, João R. et al. Diversidade Taxonômica na Floresta Atlântica. In: _____. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009, p. 3-12.
- STEHMANN, João R. et al. Gimnospermas e Angiospermas. In: _____. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009, p. 27-37.

SOUZA, Vinicius C. e LORENZI, Harri. **Botânica Sistemática: Guia Ilustrado para Identificação das Famílias de Fanerógamas Nativas e Exóticas no Brasil**, baseado em APG II. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008, p. 164- 2010.

SUGUIO, Kenitiro. Introdução. In: SOUZA, Celia, et al. **Quaternário do Brasil**. Editora Holos: São Paulo, 2005, p. 21-27..

THORN, Vanessa. Phytoliths in Palaeoecology. **Geology Today**, Oxford, vol. 23. n.4, 2007, p. 153-157.

TROPPEMAIR, Helmut **Biogeografia e Meio Ambiente**. 5^a Ed. Rio Claro: Editora Gráfica Divisa, 2002.

TWISS, C.; SUESS, E.; SMITH, R. M. Morphological classification of grass phytoliths. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.33, 1969 p.109–115.

TWISS SUESS. C. Grass-opal Phytoliths as Climatic Indicators of the Great Plains Pleistocene. In: Johnson WC, ed. **Quaternary Environments of Kansas**. Lawrence: Kansas Geological Survey. 1987, p.179–188

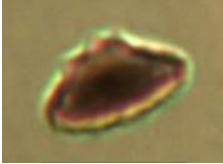
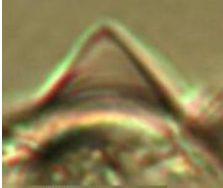
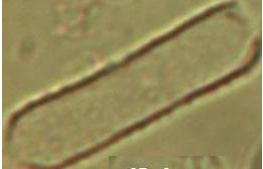
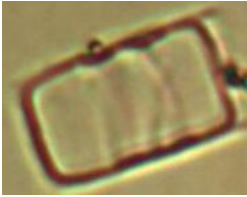

TWISS SUESS. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: Rapp G, Mulholland S, eds. **Phytolith systematics**. New York: Plenum Press, 1992, 113–128.

WOOLLER, Matthew J. e BEUNING, Kristina R. Introduction to the Reconstruction and Modeling of Grass-Dominated Ecosystems. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 177, 2002, p. 1-3.

ZUCOL, Alejandro, et al. Los Estudios Fitolíticos en América Del Sur, Una Visión Retrospectiva Retrospective View in South America Phytolith Studies. **Matices Interdisciplinarios en Estudios Fitolíticos y de Otros Microfósiles**. Editoras BAR International. Capítulo 1, 2008, p. 3-21.

APÊNDICES


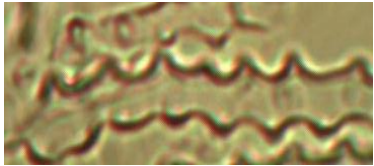

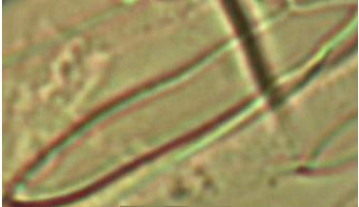
Apêndice A- Descrição dos Principais Morfotipos Encontrados nas espécies analisadas.

Nome e descrição do morfotipo – ICPN 1.0.	Descrição	Imagem do morfotipo
<i>Conical echinate base</i>	Em forma de cone com a base espinhosa e o topo em forma de cornos.	
<i>Conical:</i>	Em forma de cone com o topo pontiagudo	
Diatomáceas	Em forma de cilindro	
Diatomáceas	Em forma de bloco cilíndrico	
<i>Cross:</i>	Em forma de cruz.	

Continua...

Apêndice A- Descrição dos Principais Morfotipos Encontrados nas espécies analisadas.

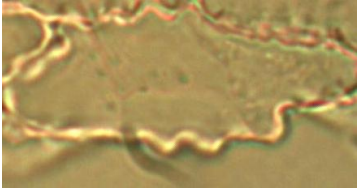
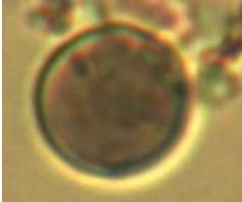
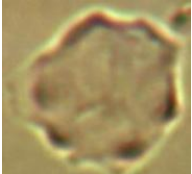
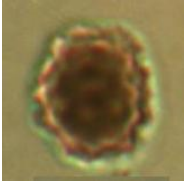
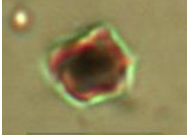
Continuação

Nome e descrição do morfotipo – ICPN 1.0.	Descrição	Imagem do morfotipo
<i>Elongate:</i>	Em forma de alongado que variam de comprimento e largura.	
<i>Elongate sinuous:</i>	Em forma de alongados com os lados sinuosos.	
<i>Elongate crenate:</i>	Em forma de alongados com borda ornamentada em forma de serra.	
<i>Fusiform flat:</i>	Em forma de fuso com os lados lisos.	

Continua...

Apêndice A- Descrição dos Principais Morfotipos Encontrados nas espécies analisadas.

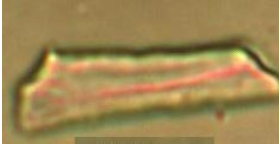
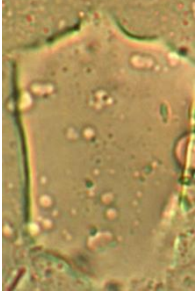
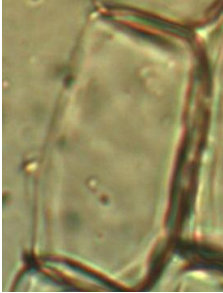
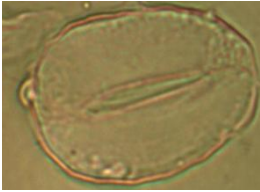
Continuação

Nome e descrição do morfotipo – ICPN 1.0.	Descrição	Imagem do morfotipo
<i>Fusiform sinuous:</i>	Em forma de fuso com os lados sinuosos.	
<i>Globular smooth:</i>	Em forma de glóbulo com superfície lisa	
<i>Globular sinuate small</i>	Pequeno glóbulo com superfície sinuosa.	
<i>Globular oblong echinate</i>	Em forma de glóbulo oval com superfície espinhosa	
<i>Globular spiny</i>	Pequeno glóbulo com superfície espinhosa (seus espinhos são mais espaçados e em menor quantidade).	

Continua...

Apêndice A- Descrição dos Principais Morfotipos Encontrados nas espécies analisadas.

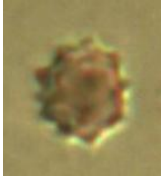
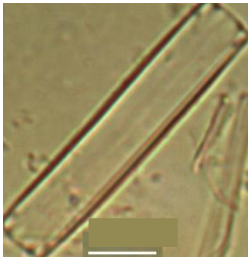

Continuação

Nome e descrição do morfotipo – ICPN 1.0.	Descrição	Imagem do morfotipo
<i>Rectangle carinate:</i>	Em forma de quilha de navio ou barbatana de tubarão	
<i>Rectangle flat:</i>	Em forma de retângulo liso e achatado	
<i>Rectangle block:</i>	Em forma de bloco retangular.	
<i>Stomato:</i>	Poro epidérmico usado na planta para trocas gasosas. Possui forma acicular com uma fissura no centro.	

Continua...

Apêndice A- Descrição dos Principais Morfotipos Encontrados nas espécies analisadas.

Continuação

<i>Globular echinate:</i>	Em forma de glóbulo com superfície espinhosa	
<i>Tabular rectangle:</i>	Forma retangular fino e plano como uma mesa	
<i>Jigsaw-puzzle:</i>	Em forma de quebra-cabeça	

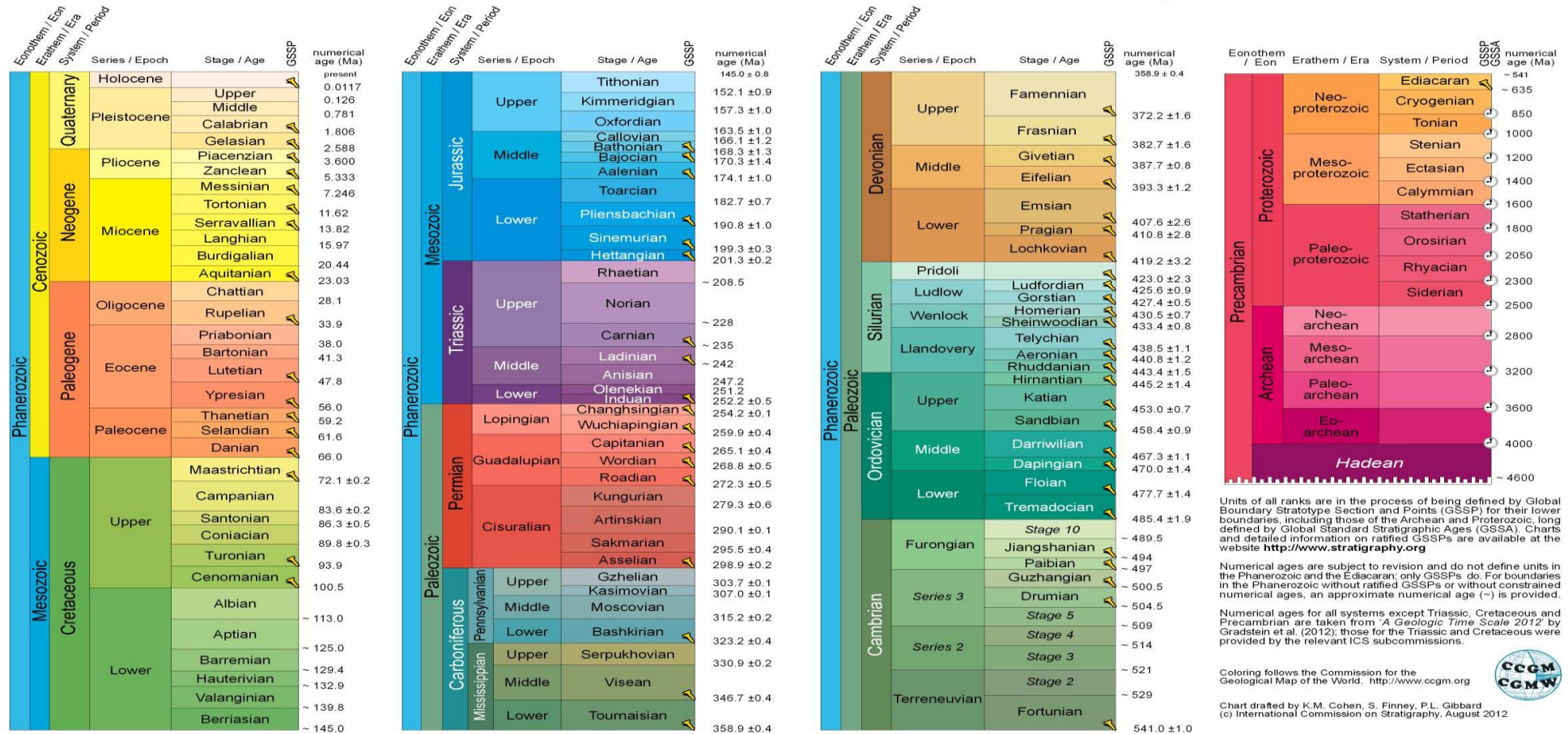
Apêndice B - Tabela do tempo geológico



INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy
August 2012



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran, only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (–) is provided.

Numerical ages for all systems except Triassic, Cretaceous and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012); those for the Triassic and Cretaceous were provided by the relevant ICS subcommissions.

Coloring follows the Commission for the Geological Map of the World. <http://www.ccgw.org>

Chart drafted by K.M. Cohen, S. Finney, P.L. Gibbard
(c) International Commission on Stratigraphy, August 2012