

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

***PALEOECOLOGIA DA FLORA DE CATALÃO, PALEOLAGO  
CEMITÉRIO,  
ESTADO DE GOIÁS***

*Nelsa Cardoso*

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Roberto Iannuzzi  
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Dermeval Aparecido do Carmo (UnB)**

**BANCA EXAMINADORA: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tânia Lindner Dutra - UNISINOS  
Prof. Dr. Claudio Augusto Mondin – PUC/RS  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lúcia Helena Soares da Silva - UnB**

Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de  
Doutor em Ciências.

Porto Alegre – 2007

Cardoso, Nelsa

Paleoecologia da flora de catalão, paleolago cemitério, estado de Goiás./ Nelsa Cardoso. – Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2007.  
[148 f.]. il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, RS - BR, 2007.

1. Paleoambiente Lacustre. 2. Flora Fóssil. 3. Cerrado. 4. Catalão. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca do Instituto de Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

*“ O medo do porvir nos impele ao passado,  
numa alucinada tentativa de entender como e porque aqui estamos...  
e por mais razão que eu veja nas ciências, elas só confirmam nosso desejo de  
buscar a origem, o momento primevo em que tudo começou ...”*

*Nelsa Cardoso*

## AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que contribuíram de alguma forma, possibilitando a realização deste trabalho, mas em especial gostaria de agradecer:

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Roberto Iannuzzi, pelo apoio e incentivo incansáveis.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Dermeval Aparecido do Carmo (UnB).

Ao pessoal da Mineradora Fosfertil, em especial ao Geólogo Carlos Ribeiro Cordeiro.

Ao geólogo Prof. Dr. José Cândido Stevaux (UnG).

Ao Prof. Dr. Raimundo Paulo Barros Henriques (UnB) pelas saudáveis discussões e à José. F. Ribeiro (EMBRAPA, DF), pela disponibilização de bibliografia.

À Dr. Cecília Volkmer-Ribeiro e à bióloga Vanessa de Souza Machado pelas análises com as esponjas (FZB).

Aos biólogos Guilherme Hermany e Daniela Bes (UFRGS) pelas discussões e análises sobre as diatomáceas.

Ao Prof. Dr. Paulo Alves de Souza (UFRGS) pelo seu empenho durante a busca pelo doutorado-sanduíche.

Ao pessoal da Eberhard Karls Universität e Senckenberg Institut, Dr<sup>a</sup>. Angela A. Bruch e Dr. Volker Mosbrugger, pela orientação e apoio durante o doutorado-sanduíche.

Ao Dr. Bertrand Ligouis, do Museu de Geologia e Paleontologia da Eberhard Karls Universität, pelas análises com MEV, sugestões e discussões.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tânia Lindner Dutra, minha eterna orientadora.

Aos colegas e amigos Daiana R. Boardman, Anamaria F. Stranz, Graciela P. Tibuschy, Simone C. S. Silva, Juliane M. Souza, Claudia L. Baroni e Guilherme A. Roesler.

À CAPES e CNPq pelas bolsas concedidas.

À Délcia, Valmi, Liege e Laurinha, pelo apoio constante ao longo de todas as fases da minha vida.

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	III
<b>SUMÁRIO</b> .....	IV
<b>RESUMO</b> .....	VIII
<b>ABSTRACT</b> .....	IX
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	4
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	4
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	4
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	5
<b>3.1 Geologia do Complexo Carbonatítico Catalão I</b> .....	5
<b>3.2 Formação de Sistema Lacustre</b> .....	5
<b>3.3 Ambientes Cársticos</b> .....	7
<b>3.4 Formação do Diatomito e Espongilito</b> .....	9
<b>4. ASPECTOS TAFONÔMICOS DAS ASSOCIAÇÕES FITOFÓSSEIS</b> .....	10
<b>4.1 Tafofloras</b> .....	10
<b>4.2 Transporte e Deposição de Partes de Plantas</b> .....	11
<b>4.3 Tipos de Associações de Fósseis Vegetais</b> .....	12
<b>4.4 Biofácies</b> .....	14
<b>4.5 Megafósseis e Processos de Fossilização</b> .....	15
<b>5. FLORAS TERCIÁRIAS E QUATERNÁRIAS BRASILEIRAS</b> .....	17
<b>6. INTRODUÇÃO ÀS FLORAS BRASILEIRAS ATUAIS</b> .....	25
<b>6.1 Bioma</b> .....	26
<i>6.1.1 Bioma Floresta Amazônica</i> .....	26
<i>6.1.2 Bioma Floresta Atlântica</i> .....	27
<i>6.1.3 Bioma Cerrado</i> .....	29
<i>- Formações úmidas no Cerrado brasileiro</i> .....	32
<b>7. ECOSISTEMAS CONDICIONADOS PELO FOGO</b> .....	37
<b>8. INTERPRETAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS BASEADAS EM PLANTAS</b> .....	43
<b>8.1 Definição de morfotipos foliares</b> .....	44

<b>8.2 Morfologia foliar e clima</b> .....	46
<b>8.3 Metodologias aplicadas em Paleobotânica</b> .....	48
8.3.1 Programa de Análise Foliar do Clima (CLAMP) .....	49
8.3.2 Análise de Margem Foliar (LMA) .....	51
8.3.3. Método de Coexistência (CA) .....	53
<b>9. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	58
<b>9.1 Área de Estudo</b> .....	58
<b>9.2 Níveis Fossilíferos</b> .....	58
<b>9.3 Datação</b> .....	61
<b>9.4 Material</b> .....	61
<b>9.5 Metodologia</b> .....	62
9.5.1 Elaboração do guia prático de campo .....	63
9.5.2 Microscopia de Fluorescência .....	66
<b>10. RESULTADOS</b> .....	67
<b>10.1 Tipo de Associação</b> .....	67
<b>10.2 Morfotipos idealizados</b> .....	67
10.2.1 Descrição dos morfotipos .....	69
<b>10.3 Definição dos Morfotipos</b> .....	74
<b>10.4 Resultados encontrados no Nível Fossilífero 2 (NF2)</b> .....	75
10.4.1 Morfotipos e Tipos Botânicos .....	75
10.4.2 Análises Estatísticas .....	76
- Margem Foliar .....	76
- Tipo de Preservação .....	76
- Tamanho Foliar .....	77
- Teste Q Quadrado .....	78
- Regressão Linear .....	79
10.4.3 Análises Paleoclimáticas .....	79
- Análise de Margem Foliar (LMA) .....	79
- Análise de Coexistência (CA) .....	80
- Paleoprecipitação .....	81
- Paleotemperatura .....	81

- <i>Datação</i> .....	82
<b>10.5 Resultados encontrados no Nível Fossilífero 1 (NF1)</b> .....	85
10.5.1 <i>Morfotipos e tipos botânicos</i> .....	83
10.5.2 <i>Análises Estatísticas</i> .....	84
- <i>Margem Foliar</i> .....	84
- <i>Tipo de Preservação</i> .....	85
- <i>Tamanho Foliar</i> .....	86
- <i>Teste Q Quadrado</i> .....	86
- <i>Regressão Linear</i> .....	87
10.5.3 <i>Análises Paleoclimáticas</i> .....	87
- <i>Análise de Margem Foliar (LMA)</i> .....	88
- <i>Análise de Coexistência (CA)</i> .....	89
- <i>Paleoprecipitação</i> .....	89
- <i>Paleotemperatura</i> .....	89
- <i>Datação</i> .....	90
<b>11. DISCUSSÃO</b> .....	91
<b>11.1 Paleoclima</b> .....	91
<b>11.2 Análise de macrofósseis vegetais</b> .....	96
11.2.1 <i>Taofloras</i> .....	96
11.2.2 <i>Definição dos Morfotipos</i> .....	97
11.2.3 <i>Análise de Margem Foliar (LMA) e Análise de Coexistência (CA)</i> .....	98
<b>11.3 Paleoambiente</b> .....	99
<b>11.4 Análises de Microfósseis</b> .....	101
<b>12. CONCLUSÕES</b> .....	103
<b>13. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	104
<b>14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	106
<b>15. LÂMINAS</b> .....	119
<b>FIGURAS</b>	
1 .....	14
2 .....	24

3 .....	35
4 .....	36
5 .....	55
6 .....	58
7 .....	60
8 .....	65
9 .....	68
10 .....	74
11 .....	75
12 .....	75
13 .....	76
14 .....	77
15 .....	77
16 .....	78
17 .....	78
18 .....	80
19 .....	81
20 .....	83
21 .....	83
22 .....	84
23 .....	85
24 .....	86
25 .....	87
26 .....	87
27 .....	89
28 .....	89
29 .....	95
30 .....	96
31 .....	98



## RESUMO

O afloramento Paleolago Cemitério, localizado na mina de fosfato a céu aberto da “Ultrafértil”, município de Catalão, Estado de Goiás, possui depósitos originados pelo preenchimento de uma depressão na parte central do Complexo Carbonatítico de Catalão I, onde sedimentos lacustres compostos por diatomitos, argilitos e esponjilitos, assentam-se discordantemente sobre um domo de rochas magmáticas carbonatíticas do Cretáceo Superior. O acúmulo de frústulas de diatomáceas e espículas de esponjas formou diatomitos espessos, nos quais abundam restos fósseis, os quais caracterizam uma paleoflora local, existente durante o Pleistoceno, em uma região hoje ocupada pelo Cerrado, no Centro-oeste do Brasil. O conteúdo micropaleontológico revelou a presença de esponjas e diatomáceas dulciaquícolas, indicando ambientes lânticos. Restos de vegetais como folhas, frutos e sementes, preservados na forma de impressões, compressões e adpressões indicam associações fossilíferas compostas por dicotiledôneas, fungos, algas e pteridófitas. O presente estudo tem como objetivo a análise da paleoflora do Paleolago Cemitério, visando a reconstrução das paleocomunidades, a determinação das condições paleoambientais e paleoclimáticas vigentes na região durante o Pleistoceno e o entendimento da origem e/ou evolução do Bioma Cerrado. As análises do material ocorreram através de microscopia de fluorescência, polínica e geoquímica, identificação taxonômica e uso da metodologia de Análise de Margem Foliar (LMA) e do Método de Coexistência (CA), os quais auxiliaram na caracterização do paleoclima sob o qual a flora fóssil teria vivido. Os resultados indicaram a existência de fogo pretérito pela presença de fusenita impregnada ao material orgânico das amostras, a presença de mata de galeria no em torno do paleolago, bem como demonstraram que as temperaturas eram diferentes das que ocorrem hoje para a região. Essa flora fóssil representa uma composição vegetacional única, uma vez que não há, atualmente, total congruência na distribuição dos táxons analisados para a região, como acontecia no passado. Por fim, o fogo parece ter tido um papel importante nos ecossistemas pretéritos da região como ainda o tem hoje no “Bioma Cerrado”.

Palavras-chave: paleoambiente lacustre, flora fóssil, Cerrado, Catalão.

## ABSTRACT

The outcrop Cemetery Paleolake is situated at the phosphate mine of Ultrafértil Mining Company, in the Catalão city, Goiás State, in the Central region of the Brazil. The deposit was arisen from a filled depression in central part of the Carbonatitic Complex of Catalão I, where lacustrine sediments are settled on carbonatitic magmatic rocks of the Late Cretaceous age. The accumulation of freshwater diatom frustules and sponges spicules generated thick diatomite, in which are founded fossil plant remains, composed of leaves mainly. This lacustrine deposit has been considered as begin during the Late Pleistocene interval in which the fossil vegetal remains characterize a local paleoflora in a region today occupied by Cerrado. The micropaleontological contents in the spongilit brought freshwater sponges and diatomace, showed lentic environmental. Plants remains as leaves, fruits and seeds were preserved as impressions, compressions and adpressions in fossiliferous assemblages compounds by dicotyledonous, fungus, algae and pteridophytes. The goal of this approach is the analyses of the Cemetery Paleolake paleoflora looking for the paleocommunities reconstruction, the paleoenvironmental and the determination of paleoclimatic conditions in the Central part of Brazil, during Pleistocene, and know of the origin /evolution of the Cerrado Biome. Material analyses were made through fluorescence microscopy, pollinic and geochemistry, taxonomic identification, Leaf Margin Analysis (LMA) and Coexistence Approach (CA), which helped to characterize the paleoclimate to that time. Results indicated the existence of preterite fire, through fusinite impregnance on the organical material in the samples, the existence of a gallery forest around the paleolake, as well showed that temperatures were different from nowadays. This fossil flora represent an only vegetational composition, once today is not possible found the same plants distribution in that region like use to be happen in the past. Finally, the fire seems like had been an important factor in the preterite ecosystems on the region, as yet happen today in the Cerrado Biome.

Key words: lacustrine paleoenvironmental, fossil flora, Cerrado, Catalão.

## 1. INTRODUÇÃO

Até a década de 80, nenhum registro polínico ou análise de depósitos lacustres da região central do Brasil havia sido sistematicamente estudado, sendo que muito pouco era conhecido sobre o paleoclima vigente nas terras baixas da América do Sul para os últimos milhares de anos. As principais evidências advinham da análise de feições geomorfológicas que indicavam a presença de condições climáticas distintas das atuais (Ab'Saber, 1982). No entanto, à partir dos anos 90, uma série de estudos estabeleceu um padrão de evolução climática da região Centro-oeste durante o Quaternário Tardio (Ledru *et al.*, 1996; Salgado-Labouriau, 1997). A maioria destes estudos utilizou material palinológico obtido dos sedimentos acumulados em lagoas atuais, bem como os dados gerados pela datação absoluta (método de radiocarbono) para calibrar os resultados climáticos.

Realmente, a análise palinológica é uma ferramenta muito eficaz na interpretação dos paleoclimas, uma vez que em nível global, continental ou regional, o clima é o determinante primário da distribuição dos vegetais terrestres (Walter, 1986). Entretanto, como toda ferramenta, sua aplicação tem limitações naturais ligadas ao registro paleontológico e/ou à metodologia utilizada (Salgado-Labouriau, 1997). O estudo paleoclimático, bem como o paleoecológico, apresentam um caráter necessariamente interdisciplinar, no qual a somatória das análises envolvendo distintas ferramentas permite melhores interpretações. Neste contexto, os macrorestos vegetais complementam, através de uma análise integrada, toda informação obtida à partir dos palinomorfos.

Os megafósseis vegetais podem fornecer importantes dados sobre as condições paleoambientais locais, enquanto que os palinomorfos proporcionam, em geral, dados mais precisos em relação às idades e composição regional das floras. Porém, ambos fornecem informações sobre os climas vigentes nos ambientes terrestres. Além disso, há as chamadas “espécies silenciosas”, as quais não preservam seu pólen, sendo detectáveis somente através de seus macrorestos, como é o caso de algumas famílias amplamente distribuídas em nossas floras, tais como, Lauraceae e Musaceae. No entanto, não há estudos integrados relativos às macro e microfloras quaternárias da região central do Brasil. No

caso da paleobotânica, estudos paleoecológicos e tafonômicos são requisitos básicos, necessários à correta interpretação das associações florísticas, a fim de sua utilização nas reconstruções paleoclimáticas e/ou paleoambientais. A análise paleoecológica e/ou tafonômica auxilia, juntamente com a taxonômica, na resolução do conflito sobre como “fatores locais *versus* fatores regionais/continentais” influíram na composição e diversidade das paleocomunidades (Wing & DiMichele, 1995). Isto é de suma importância, dado que a resposta final das plantas às modificações climáticas é consequência da interação entre fatores locais (i.é, altitude, condicionantes geológicos, geomorfológicos e pedológicos) e os regionais/continentais (condicionantes macroclimáticos).

Os modernos estudos em tafonomia e paleoecologia vegetal, dadas as suas características, passam obrigatoriamente pela utilização de técnicas específicas de amostragem dos espécimes, as quais exigem um rígido e seletivo controle na coleta. Em uma segunda etapa, normalmente, são analisadas apenas as características morfo-anatômicas dos taxa fósseis que reflitam variações ecofenotípicas através da utilização de diferentes programas estatísticos. Entretanto, para que estas metodologias possam ser aplicadas com sucesso, uma coleção significativa de espécimes (ca. 300) e de morfotipos (ca. 30) deve ser obtida à partir de mais de um ponto ou nível de coleta, ao longo de uma área aflorante que seja estratigraficamente controlada (Wilf, 1997; Wolfe & Spicer, 1999). Portanto, o adequado acesso durante os trabalhos de campo a um sítio fossilífero rico e lateralmente extenso é condição fundamental para se obter resultados mais confiáveis, não só sobre a diversidade da paleoflora, mas também sobre as condições paleoambientais e paleoclimáticas vigentes quando da incorporação dos restos ao depósito sedimentar.

A associação fitofossilífera do Paleolago Cemitério, no Município de Catalão, em Goiás, foi selecionada tendo em vista a qualidade de preservação, a quantidade de material e o controle estratigráfico do sítio (Figura 1). Esse material inédito, e em excelente estado de preservação, provém de depósitos lacustres datados para o Pleistoceno tardio.

Na realidade, os depósitos do Paleolago Cemitério são originados basicamente pelo preenchimento de uma depressão na parte central do Complexo Carbonatítico de Catalão I, onde sedimentos lacustres assentam-se discordantemente sobre um domo de rochas magmáticas carbonatíticas do Cretáceo tardio (Ribeiro *et al.*, 2001).

Por vezes, acumulou-se grande quantidade de frústulas de diatomáceas e espículas de esponjas, formando assim diatomitos e espongilitos, relativamente espessos ao longo da seção, nos quais abundam restos de vegetais fósseis, principalmente, folhas. Os espécimes se encontram preservados, na forma de compressões, adpressões ou impressões. As amostras podem ser coletadas em grande número, uma vez que são obtidas à partir do rejeito e das exposições de rocha produzidos na mina de fosfato a céu aberto da “Mineradora Fosfértil”, durante a exploração do carbonatito. Os geólogos da mineradora estabeleceram o controle estratigráfico necessário.

Em termos de flora fóssil, o Brasil encontra-se em estágio de descobrimento, onde cada novo sítio fornece novos dados, os quais vêm a acrescentar e contribuir à pesquisa já realizada desde a década de 50. Esta tese busca contribuir para com os estudos já realizados de forma a completar algumas das várias lacunas atualmente existentes. Provavelmente, este estudo dará vazão a novos questionamentos, uma vez que muito há para ser descoberto em termos de fósseis terciários e quaternários para o Brasil e América do Sul.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho primou pela aplicação dos métodos tafonômicos e paleoecológicos no estudo da paleoflora do Paleolago Cemitério do Complexo Catalão I, Goiás, a fim de proporcionar sua utilização em análises paleoambientais e paleoclimatológicas. Paralelamente, outros projetos foram iniciados objetivando um completo entendimento do depósito e, para tanto, estão sendo realizadas análises geológicas das seções aflorantes (levantamento estratigráfico, petrografia e geoquímica), a datação do depósito à partir de distintos métodos (radiocarbono, termoluminescência e palinologia) e o estudo das microfloras (esporomorfos e diatomáceas) e microfaunas (esponjas).

### **2.2. Objetivos específicos**

Análises detalhadas sobre a paleoflora do Paleolago Cemitério são importantes a fim de conceber um entendimento mais preciso sobre as reais condições climáticas sob as quais o antigo lago foi submetido. Para tanto, alguns objetivos específicos foram determinados, tais como:

- Levantamento dos parâmetros tafonômicos e paleoecológicos vinculados à geração do registro paleoflorístico (macrofloras) do Paleolago Cemitério, com intuito de auxiliar na reconstrução das paleocomunidades e paleoambientes;
- Levantamento da composição florística em nível de família e gênero, a fim de possibilitar a aplicação de alguns dos métodos utilizados para reconstrução climática;
- A determinação das condições paleoclimáticas vigentes na região, utilizando-se de métodos paleoecológicos aplicados em associações de folhas fósseis;

O intuito é que o estudo das associações de folhas fósseis auxilie a compreender como se formaram os depósitos lacustres da região Centro-Oeste, no entorno de Catalão, e sirva de contribuição ao entendimento da evolução paleoflorística e paleoclimática da América do Sul no Quaternário, auxiliando, futuramente, nos estudos sobre paleoecologia, ou mesmo, em ecologia dos biomas do tipo Cerrado.

### **3. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

#### **3.1. Geologia do Complexo Carbonatítico Catalão I**

O complexo ultramáfico-alcálico-carbonatítico de Catalão I forma um platô subcircular, eixos NW com 6 km e NE com 5,5 km, sustentado por rochas quartizíticas encaixantes fenitizadas quando da intrusão do complexo. A parte interna da elevação apresenta relevo suave e condições favoráveis ao aprofundamento dos perfis de alteração que chegam a atingir mais de 100 m de espessura. Catalão I é um dos complexos alcálico-carbonatíticos mesozóicos que ocorrem nas bordas da Bacia do Paraná, ao longo de falhas profundas. A intrusão do Complexo, no Cretáceo Tardio, deformou os quartzitos e micaxistos do Grupo Araxá (Proterozóico Médio). Os minerais de Catalão I são semelhantes aos de outros complexos similares no mundo. O complexo sofreu, pelo menos, três eventos magmáticos durante a sua gênese, com forte influência de hidrotermalismo. Há, pelo menos, cinco riquezas minerais no complexo, i.é. apatita, pirocloro, monazita, anatásio e vermiculita, sendo que apenas as duas primeiras estão em processo de lavra, enquanto o fosfato é minerado pela Fosfértil e pela Copebrás, o nióbio é explorado pela Mineração Catalão (Toledo *et al.*, 2004).

O afloramento Paleolago Cemitério, fonte das amostras analisadas neste trabalho, está localizado no complexo carbonatítico de Catalão I e caracteriza-se como um antigo lago continental. Para um entendimento total, algumas informações sobre sistemas lacustres e comunidades presentes nesse tipo de ambiente são aqui apresentadas.

#### **3.2. Formação de sistema lacustre**

Segundo Esteves (1998), lagos são corpos d'água interiores, sem comunicação direta com o mar e suas águas têm em geral baixo teor de íons dissolvidos, quando comparados às águas oceânicas. Lagos de áreas áridas ou com longos períodos de seca são exceção por possuírem alto teor de íons, uma vez que sofrem intensa evaporação, a qual não é compensada pela precipitação. Neste caso, o teor de sais pode ser superior quando comparado à água do mar.

Lagos são elementos de curta durabilidade na escala geológica, e seu desaparecimento pode estar ligado a vários fenômenos, entre estes assoreamento por sedimentos externos. Os lagos estão classificados em grupos de acordo com a sua formação a qual pode ocorrer devido a movimentos tectônicos, vulcânicos, glaciações, erosão ou sedimentação. A maioria dos lagos está concentrada no hemisfério norte do planeta, onde também estão os mais profundos. Mas ao longo da crosta, na sua maioria, eles são rasos. No Brasil, ocorrem mais rios do que lagos.

Um ecossistema lacustre é um compartimento ideal para a deposição de componentes e estruturas de animais e vegetais provenientes da superfície terrestre. Ao longo da evolução de um sistema aquático, camadas de sedimento são formadas contendo compostos químicos e estruturas biológicas que representam as diferentes fases deste processo. Assim, a partir destes depósitos é possível interpretar o desenvolvimento histórico e as alterações, tanto do ambiente como de suas comunidades. Devido a estas propriedades, o sedimento lacustre funciona como um verdadeiro banco de dados sobre este tipo de ecossistema e seu entorno.

A área de interesse em ecossistemas lacustres é a Paleolimnologia, ciência que estuda as alterações sofridas pelos ecossistemas aquáticos do passado, as quais produzem efeitos sobre as condições das bacias de drenagem, sobre o cômputo de águas, sobre as sobrecargas e o equilíbrio de nutrientes, bem como sobre a produtividade resultante em águas continentais. Essas modificações ficam registradas nos sedimentos e os estudos em Paleolimnologia permitem a interpretação das seqüências observadas nas rochas sedimentares. Estes se ocupam também dos processos que alteraram esses registros, tentando desvendar as condições pretéritas da produtividade, bem como das modificações nas variáveis reguladoras que fizeram com que os ecossistemas de lago entrassem em diferentes estados de produtividade.

O registro fóssil encontrado nos sedimentos compreende tanto as substâncias bioquímicas produzidas pelos seres vivos, como restos orgânicos, sendo que aqueles acumulados nas bacias lacustres são constituídos por materiais de várias origens. A sua composição depende, em grande parte, da geomorfologia da bacia. Embora muitos lagos tenham sido formados nos intervalos dos ciclos de glaciação e/ou fusão dos glaciares, a maior parte dos lagos dos primeiros períodos glaciais foram obliterados pelas glaciações



posteriores, tendo sido preenchidos com material sedimentar ou mesmo esvaziados. É devido ao recuo da última fase de glaciação que existem, atualmente, tantos lagos. Com exceção de alguns dos lagos mais antigos, especialmente os localizados nas zonas de *rift* da África e da Ásia, quase todos os lagos do mundo são muito jovens.

Os materiais que primeiro sofrem sedimentação são controlados pela geologia e clima regionais, sendo modificados por processos biológicos da bacia de drenagem e do próprio lago. Os movimentos da água, como ondas e correntes, separam a matéria particulada de acordo com a sua dimensão, densidade e energia disponível para o deslocamento. Da interação desses fatores, resulta um gradiente geral de partículas mais finas nos sedimentos que se encontram sob as águas mais profundas.

Este gradiente pode ser destruído por vários mecanismos, os quais estão freqüentemente relacionados com a morfologia da bacia lacustre. Por exemplo, os depósitos dos sedimentos nas zonas litorâneas dos lagos ou nos deltas dos rios podem se acumular até se tornarem gravitacionalmente instáveis e escorregarem em desabamento, ou sob a forma de fluxo de turbidez para porções mais profundas da bacia, aonde acabam por sobrepor-se aos sedimentos mais finos.

### **3.3. Ambientes cársticos**

Os ambientes cársticos encontrados na região central do Brasil são representados por carbonatos pré-cambrianos, submetidos à influência de clima sazonal, formando feições cársticas conhecidas como dolinas, cavernas e vales, encontradas em três diferentes ambientes, a saber: epicárstico, endocárstico e exocárstico. Dessa forma, tem-se o relevo exocárstico com formas superficiais geradas pelo ataque químico de águas meteóricas, representado pelos vales.

As dolinas são encontradas no domínio epicárstico, relevo que ocupa a zona logo abaixo da superfície, no contato entre rocha calcária e solo, formando depressões fechadas, em formato de funil ou cilíndricas. Estas são geradas por dissolução subsuperficial em fraturas, o que causa rebaixamento da superfície da rocha e colapso devido ao abatimento de teto da caverna no solo ou na rocha, associado à dissolução da mesma.

O domínio endocárstico é representado por cavidades subterrâneas geradas por dissolução causada pelas águas subterrâneas, as quais têm desde milímetros (protocavernas) até metros (cavernas), e fornecem dados importantes sobre paleohidrologia local e fases climáticas pretéritas. No Brasil são encontradas carstes não apenas em áreas de carbonatos, mas também em rochas siliciclásticas, como arenitos e quartzitos, menos exploradas do ponto de vista científico. Porém, o desenvolvimento das paisagens cársticas está condicionado a características bioclimáticas, estruturais e/ou tectônicas. Assim, a circulação interna de água no solo e na zona de contato solo/rocha também afeta o sistema, pois, a saturação do solo acima da rocha pode ocorrer devido à baixa capacidade de absorção, permitindo o fluxo lateral de água ao longo do contato, promovendo uma dissolução acelerada do epicarste (Auler *et al.*, 2005).

De acordo com Auler *et al.* (2005), o clima e a quantidade de resíduo insolúvel na rocha calcária exercem papel determinante na formação dos solos sobre os calcários. Onde em clima tropical úmido, o carbonato de cálcio se dissolve mais rapidamente que a fração silicicatada, ocasionando concentração relativa de argilas geradas durante os processos de alteração da rocha. Assim, uma espessa cobertura pedológica originada dos pelitos da antiga rocha calcária pode ser observada em regiões cársticas do Brasil, como Lagoa Santa, MG. No fundo de lagos podem-se encontrar sedimentos acumulados de origem alóctone e autóctone, derivados da produção orgânica dentro do ecossistema e do afluxo pluvial pelas vertentes da bacia de drenagem, incluindo materiais inorgânicos (Auler *et al.*, 2005).

O desgaste da água no solo cárstico acontece quando a água da chuva absorve  $\text{CO}_2$  da atmosfera em seu percurso rumo ao solo, e uma vez infiltrada e em contato com húmus e raízes, torna-se ainda mais ácida. Essa água carregada de ácido carbônico dissolve o carbonato em seu trajeto descendente pelas fraturas da rocha, transformando-o em solução, a qual, ao atingir uma cavidade, encontra uma atmosfera com uma pressão parcial de  $\text{CO}_2$  inferior à da água infiltrante. Ocorre então, a liberação de  $\text{CO}_2$  da água para a atmosfera da cavidade, causando precipitação de carbonato de cálcio que é insolúvel e a formação de espeleotemas como estalagmites e estalactites, próprios de cavernas.

### 3.4. Formação do Diatomito e do Espongilito

O afloramento Paleolago Cemitério é composto, em boa parte, por diatomitos/espongilitos, rochas formadas por frústulas de diatomáceas silicosas e espículas de esponjas que um dia compuseram a comunidade que vivia nas águas do antigo lago. É possível encontrar esses tipos de rochas, com quantidade maior dos espongilitos, em outras áreas do Centro-Oeste brasileiro e, em geral, a ocorrência de depósitos de diatomito/espongilito se estende desde o sudeste de Minas Gerais até o noroeste de São Paulo. A rocha, quando dissolvida em corpos d'água, popularmente conhecidos como "lagoas-de-pó-de-mico", pode causar dermatite de contato, pois provoca prurido na epiderme (Montanheiro *et al.*, 2002).

No Brasil, os depósitos de diatomitos são mais abundantes na região Nordeste, enquanto os de espongilitos localizam-se mais no Centro-Sul do país, sendo que as principais jazidas mundiais de diatomito são datadas para o Terciário tardio (Mioceno-Plioceno), ocorrendo, ocasionalmente, em formações interglaciais do Pleistoceno e Holoceno. Diatomitos são utilizados como material para filtro, de carga e abrasivos, enquanto o espongilito é aplicado na composição de massas para a produção de cerâmicas rudimentares.

Em geral, todo ecossistema lacustre possui uma comunidade planctônica composta por vários organismos, entre estes algas microscópicas. As algas que habitam a água de lagos e cursos d'água consistem em um conjunto, muito diversificado, de vários grupos taxonômicos importantes, com diferentes necessidades fisiológicas e diferentes respostas aos parâmetros físicos/químicos, aos quais estão sujeitos. Mas, mesmo com tantas particularidades, muitos grupos de algas podem coexistir num mesmo ecossistema aquático, variando tanto horizontalmente quanto verticalmente, nos extratos da coluna d'água ou mesmo sazonalmente ao longo do ano.

Esponjas são organismos aquáticos que vivem fixos a substratos como troncos, raízes ou rochas submersas e alimentam-se, por filtração, do zooplâncton em suspensão na água. Podem ser utilizados como bioindicadores devido a sua sensibilidade à poluição. Porém, esponjas coloniais ou não, raramente são fossilizadas inteiras, pois suas camadas deterioram-se rapidamente e sua delicada estrutura esquelética solta, deste modo, as espículas no ambiente (Harrison, 1988).

## 4. ASPECTOS TAFONÔMICOS DAS ASSOCIAÇÕES FITOFOSSILÍFERAS

A tafoflora Catalão é de grande importância, senão pelo seu registro, pela sua quantidade de material fóssil proveniente de um passado no qual a paisagem era bem diferente da vista atualmente para a mesma área. As condições de fossilização para esta mesma área foram especiais, de forma a fornecer em tanto espécimens em tão excelente condições de identificação e manuseio. O item seguinte trata dos tipos de fossilização ocorridas nos níveis fitofossilíferos do afloramento Paleolago Cemitério.

### 4.1 Tafofloras

O processo tafonômico, em vegetais, inicia-se no momento da abscisão das partes e seu transporte, pelo ar ou água, até o local da deposição e eventual soterramento, seguido de litificação (Donovan, 1991). As associações de macrofósseis de plantas são diferentes das de animais, pois a desarticulação das partes fornece estruturas como folhas, caules, frutificações, flores que quando classificadas, ganham nomes separados até que possam ser demonstradas as devidas conexões entre as partes. Por exemplo: *Araucarioxylon* é o caule de araucária, *Stigmaria* e *Lepidophylloides* são raiz e folhas, respectivamente de uma mesma licopodiácea carbonífera.

Na sua maioria, as associações de fitofósseis são compostas por folhas caídas no solo, formando o que os ecólogos denominam por *litter* ou folhedo. Os macrofósseis incluem partes como folhas ou órgãos foliares como estípulas e raques, flores, frutos e outros órgãos reprodutivos como cones, esporângios, esporófilos e estróbilos, caules, fragmentos de ramos e raiz, enquanto plantas inteiras são muito mais difíceis de serem encontradas. A análise de cutículas fósseis e sua possível associação com fungos, também têm merecido a atenção dos estudiosos em paleobotânica.

O potencial de preservação varia muito de espécie para espécie, pois, assim como nos animais, há partes duras que são mais bem preservadas, e, nas plantas, essas são impregnadas de lignina. Plantas fósseis são preservadas dentro de sedimentos clásticos e bioclásticos, mesmo os vulcanoclásticos, como compressão, com matéria orgânica preservada, impressão, com perda quase total, senão total, do material orgânico, fusão, através da conversão de células da parede por charcoal (carbonização), ou ainda com completa substituição por substância mineral (petrificação) (Iannuzzi & Vieira, 2005).

## 4.2 Transporte e Deposição de Partes de Plantas

Quando ocorre o transporte das partes desarticuladas de um vegetal pode ocorrer tanto pelo vento como pela água, porém, será influenciado pelo peso, tamanho e espessura da folha. Tomando as folhas como exemplo, pode-se constatar que a composição de uma associação fóssil pode variar ao longo do ano, pois existem plantas que perdem suas folhas em estações mais quentes, em estações mais frias, e outras ainda ao longo de todo ano, variando muito de espécie para espécie.

A adaptação ao ambiente também influencia na fisionomia foliar, e por conseguinte, na resistência ao transporte. Bom exemplo é o experimento realizado com as florestas perenes da Tasmânia, em região subalpina, que tiveram suas folhas intactas, mesmo após seis meses de imersão em água, em contraste com o alto nível de degradação de folhas de florestas temperadas decíduas, também chamadas caducifolias, após dois ou quatro meses de imersão. Isso se deve ao fato de as folhas das árvores das florestas perenifoliadas serem coriáceas, ricas em lignina e taninos, entre outros componentes fenólicos, enquanto as folhas decíduas são tipicamente papiráceas e até membranosas, contendo poucos fenólicos. Há casos de flutuação e resistência registrada por dias para folhas coriáceas e, apenas por horas, para folhas papiráceas.

Folhas papiráceas flutuam por períodos mais curtos que as coriáceas, por apresentarem canaletas maleáveis na sua superfície, formadas pela retenção da água que ali passa, fazendo-as submergir. A espessura da cutícula, a frequência e o tamanho dos estômatos sobre a superfície foliar condicionam o impacto do transporte na água e controlam o tempo de flutuação e a posterior preservação da folha. Os distintos subambientes sedimentares terrestres preservam de modo distinto os restos de plantas.

Pântanos estão associados com sistemas de rios, representando áreas de drenagem impedida, além de bancos de diques os quais são sazonalmente invadidos pelo rio. Significantes acúmulos de material vegetal, local em geral, sem sofrer nenhum transporte, ocorrem nesses ambientes.

Depósitos de canais de rios meandrantés podem ser divididos em canais lentos e parcialmente obstruídos, e canais ativos e diques do canal formado pelo meandro do rio. Onde o fluxo for mais rápido, há pouco acúmulo de material, ao contrário de onde o fluxo for mais lento (Donovan, 1991). Entretanto, na porção mais lenta, ocorrem restos mais macroscópicos e, em fluxo rápido, partículas microscópicas e partes mais delicadas são depositadas.

As planícies de inundação de sistemas fluviais e deltáicos são ambientes que contêm subambientes, incluindo pântanos, canais inativos e comunidades de ambientes secos, as

quais são temporariamente inundados e propícios ao acúmulo de restos vegetais. Já as seqüências formadas em fundo de lago e lagunas, são mais uniformes nas camadas e lateralmente contínuas do que depósitos de sedimentos fluviais, constituindo-se em um dos melhores sítios para o acúmulo e preservação de restos de plantas terrestres.

Em depósitos atuais, é possível observar que quando os ambientes de sedimentação são provenientes de hidrodinâmica fluvial ou lacustre, as associações macrofitofósseis tendem a refletir a vegetação local, enquanto que as palinofloras, em geral, refletem a flora regional. Assim, as associações de plantas fósseis podem ser, freqüentemente, comparada às comunidades modernas. Há três categorias básicas de tafofloras para expressar a relação entre o local de crescimento e soterramento e ou preservação: associações fósseis autóctone, parautóctone e alóctone. Elas refletem também o grau de transporte dos restos de plantas (Gastaldo *et al.*, 1995) (Figura 2).

#### **4.3 Tipos de Associações de Fósseis Vegetais**

*Associações autóctones* são aquelas, nas quais, a gênese da associação fóssil pode ser resultado de uma catástrofe por soterramento, evento deposicional ou por sedimentação regular, onde o acúmulo de fósseis ocorre por deposição de material botânico com pouco ou nenhum transporte, ou seja, onde a preservação dos restos se dá na morte *in situ*, ou local de vida da planta, ou ainda em locais onde as partes predispostas à abscisão são descartadas (Gastaldo *et al.*, 1995).

Essas associações refletem até mesmo o crescimento das plantas, dentro ou muito próximo do local de deposição, favorecendo o potencial de preservação das partes e conservando sua forma original, uma vez que estas sofrem nenhum ou quase nenhum transporte. Brejos e pântanos são bons exemplos de locais de depósito de associações autóctones, pois esse tipo de ambiente apresenta supressão dos processos de transporte e deterioração, oferecendo melhores condições de preservação do material, seja no subsolo, ou em camadas úmidas e aeradas da superfície. Geralmente, essas condições são encontradas em solos onde o nível do lençol freático é alto, mantendo as condições anóxicas (Iannuzzi & Vieira, 2005, Gastaldo *et al.*, 1995).

*Associações alóctones* são acúmulos de fósseis formados por deposição de material botânico transportado do local de crescimento, onde os detritos são incorporados em corpos sedimentares sujeitos a mudanças de elevação. Isto, geralmente, segue um hiato ou erosão da camada subjacente, na sedimentação, seguido pela acumulação de turfa. Partes das plantas estão, geralmente, misturadas a elementos da flora originária de uma variedade de habitats naturalmente amostrados. As partes são, comumente, encontradas dispersas no sedimento ou

isoladas. Os locais de depósito de associações alóctones são planícies fluviais, linhas de costas, deltas e estuários. Floras alóctones têm pobre transporte seletivo, sendo o material misturado. Associações alóctones de macrofósseis de plantas incluem pinas, pínulas, sementes, frutos, raízes, rizomas, caules, mas folhas são mais raras, por serem mais frágeis e não resistirem ao transporte. Essas associações de macrofósseis são comumente formadas em ambientes lacustres, fluviais ou deltáicos, sendo que as associações em ambientes fluviais ocorrem associadas a sedimentos de fina granulometria.

*Associações parautóctones* são compostas por material transportado do local de morte ou descarte, mas ainda encontrado dentro do hábitat de origem da planta-mãe, uma vez que sofreram pequeno transporte, incapaz de levá-los para além dos limites do hábitat original (Iannuzzi & Vieira, 2005). Bom exemplo são as clássicas “roof-shale”, floras derivadas da vegetação que colonizou topografias relativamente mais elevadas, adjacentes às deposições de pântanos clásticos, nas quais partes da planta foram preservadas (Figura 1).

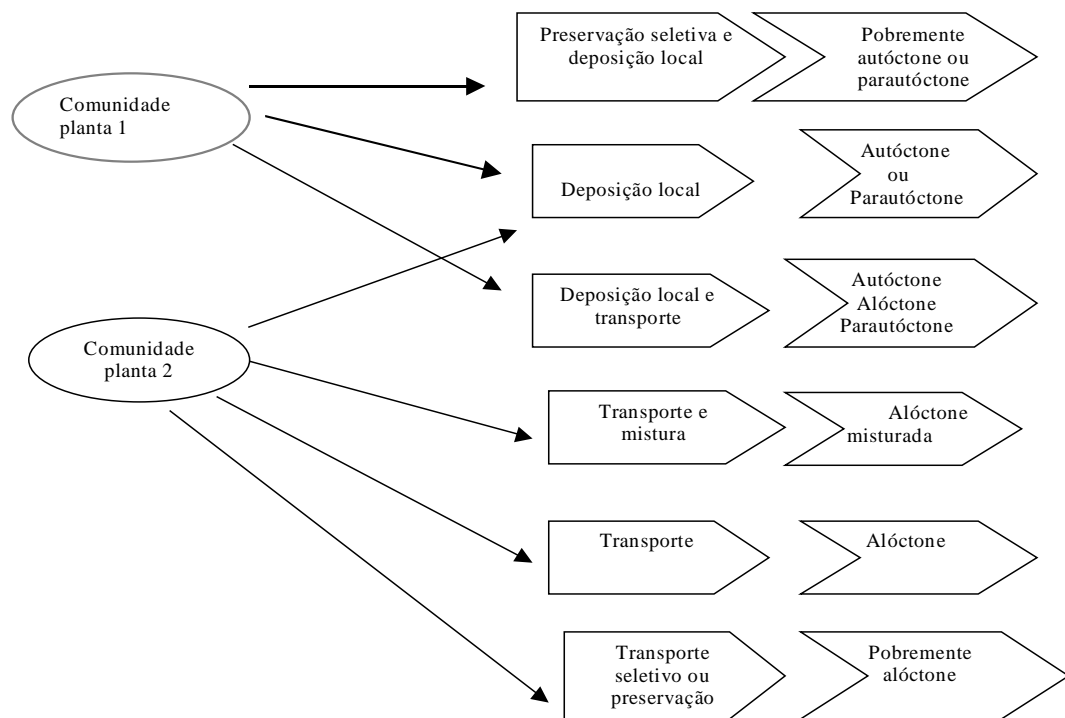


Figura 1: Categorias básicas de taofloras para expressar a relação entre o local de crescimento e soterramento: associações autóctones, alóctones e parautóctones (Gastaldo et al., 1995).

#### 4.4 Biofácies

Os restos das plantas fósseis estão distribuídos dentro das camadas de sedimentos, esses por sua vez, representam o ambiente sedimentar que os originou. Assim, dentro de cada fácies sedimentar pode-se reconhecer fósseis que, em conjunto, formam uma *biofácies*.

Como os diferentes tipos vegetacionais que compõem um dado ecossistema estarão representadas em variadas proporções dentro das fácies sedimentares, estas refletirão o quão próximos ou distantes os vegetais estavam vivendo do local de depósito, bem como informarão sobre a energia investida no seu transporte. Cada flora presente dentro de uma fácies representa uma subamostra do total do mosaico vegetacional, em alguns casos pode representar uma única comunidade (associação autóctone), em outros, traz elementos de várias comunidades (associações alóctone). As observações permitem interpretar as fácies sedimentar com seus fósseis, a ponto de se reconstruir a paleovegetação de um dado paleoambiente. Cada associação fitofóssil preservada em uma determinada fácies pode ser denominada como uma taoflora.



É evidente que uma variedade de interações de processos tafonômicos e sedimentológicos afeta a gênese das tafofloras e, uma diversidade de fatores interagindo resultam nas características da associação. Processos regionais ou locais, como subsidência ou aumento do nível do mar onde as florestas se desenvolvem, são fatores diretamente correlacionados com a maior ou menor preservação das tafofloras. As terras mais baixas, ao terem seu regime de inundação alterado pelo aumento de carga de suspensão terão mais chances, por exemplo, de serem soterradas por enxurradas periódicas quando há época de cheias, deixando à mostra somente árvores altas e firmes.

#### **4.5 Megafósseis e Processos de Fossilização**

A fossilização nas plantas pode ocorrer através de diversos processos, de forma que cada processo dará origem a um tipo de fóssil específico. Durante o processo de fossilização de um vegetal, geralmente, são preservadas as partes mais duras, isto é galhos, troncos e tecidos de resistência, como algumas cutículas, esporos e grãos de pólen. Porém, partes moles também podem ser fossilizadas dependendo das condições do ambiente no momento do descarte e incorporação dessas ao sedimento.

No presente estudo pelo menos três diferentes processos de fossilização são de interesse, a saber: Impressão, Carbonização e Mumificação.

O processo de fossilização de ocorrência mais comum entre as partes moles das plantas é a impressão. Neste caso, os exempares são identificados pela nítida marca “impressa” no sedimento, tornando capaz a visualização de nervuras e margens foliares com ótima nitidez (Lâmina 1 Figuras 1 e 2). Esse processo não permite a preservação de matéria orgânica dos espécimes de forma a registrar somente a sua impressão, conservando a forma do fóssil sob a cor do sedimento.

A carbonização corresponde aos restos de plantas que sofreram a ação de incêndios naturais, provavelmente em área próxima ao paleolago. Neste caso, foi detectada a presença de fusenita, formada à partir da queima ou combustão total ou parcial do tecido vegetal. Este tipo de preservação dá uma aparência escura e textura fuligínea ao fóssil (Lâmina 1, Figuras 3 e 4 e Lâmina 2 Figuras 1, 2, 3 e 4).

Mumificação é um processo de fossilização que permite a perfeita visualização de algumas das nervuras, principalmente as de primeira e segunda ordem, bem como aspectos cuticulares, tais como estômatos e tricomas, pois permite a preservação da cutícula. Além disso, possibilita inclusive a visualização das feições anatômicas da folha, pois preserva o próprio mesófilo, mesmo que deformado pela compressão sofrida pelo acúmulo de sedimentos. Isso

ocorre devido à condição anóxica do processo que evita a ação de microorganismos decompositores de matéria orgânica, deixando intocável a amostra ao longo do tempo (Lâmina 3, Figuras 1, 2, 3 e 4). Este tipo de preservação mantém ainda, a textura da folha que pode ser coriácea ou membranosa.

## 5. FLORAS TERCIÁRIAS E QUATERNÁRIAS BRASILEIRAS

Mundialmente, foram numerosos os períodos secos que assolaram os últimos 60 milhões de anos, entre o Terciário e o Quaternário, sendo que os continentes Australiano e Africano passaram por ciclos climáticos de umidade e seca, os quais foram substituídos por fases frias e secas nos últimos 2,8 milhões de anos, como consequência da sucessão de estágios glaciais e inter-glaciais do Plio-Pleistoceno.

É fato que as mudanças afetaram de forma diferente cada continente, sendo que nem sempre condições climáticas estáveis ao longo do tempo determinaram uma grande diversidade. Mas, talvez essa possa ser explicada levando-se em conta a capacidade das plantas oportunistas de sobreviverem em períodos de mudanças climáticas e perturbações geológicas, expandindo seu domínio durante épocas mais tranquilas, ou mesmo, utilizando-se de refúgios com condições climáticas mais amenas.

Antes de qualquer descrição, é necessário enfatizar os trabalhos já realizados, de forma a lembrar que vários foram os autores que se aventuraram pelo complexo tema da paleobotânica do Cenozóico. São citados aqui os principais autores e suas bibliografias, de forma a facilitar o entendimento sobre a distribuição das antigas floras existentes no Brasil, durante o Terciário e o Quaternário. Porém, toda a bibliografia adquirida durante o desenvolvimento da tese, foi selecionada a fim de serem contempladas somente aquelas que realmente ligam as formas vegetais ao clima da região aonde foram encontradas, de modo a facilitar as conclusões do presente trabalho.

Na Formação Entre-córregos, Bacia de Aiuruoca, datada para o Paleógeno, Franco-Delgado & Bernardes-de-Oliveira (2004) encontraram Annonaceae (*Annona*), a qual tem distribuição tropical e subtropical em todo o mundo, principalmente nas florestas do centro e sul-américas e Lauraceae (*Nectandra*). Ambas as famílias, segundo as autoras, são indicativas de domínio da floresta pluvial Atlântica. Porém, a presença do gênero *Annona*, no Eoceno seria uma das evidências do domínio de um clima tropical úmido, naquela época e indicaria também a existência do ecossistema pluvial Atlântico pretérito. Essa área, atualmente, encontra-se inclusa no domínio de clima pluvial de baixo-montana.

Duarte (2004), dando seqüência aos estudos sobre a flora Miocênica de Pirabas, PA, Nordeste da Amazônia, registrou a ocorrência das famílias Nyctaginaceae (*Pisonia*, *Guatteria*), Lauraceae (*Endlicheria*), Dilleniaceae (*Davilla*), Theaceae (*Bonnetia*), Caryocaraceae (*Caryocar*), Chrysobalanaceae (*Hirtella*), Euphorbiaceae (*Drypetes*), Rutaceae (*Hortia*) Meliaceae (*Trichilia*), Sapindaceae (*Serjania*, *Sapindus*), Tiliaceae, (*Apeiba*), Myrtaceae (*Myrcia*), Melastomataceae (*Meriania*), Rhizophoraceae (*Cassipourea*), Ebenaceae (*Diospyrus*), Rubiaceae (*Faramea*) e Rapataceae (*Rapatea*). A autora traz dados importantes sobre a paleoecologia da região, caracterizando a flórua de Pirabas como idêntica à que hoje existe naquela região, uma vez que a maioria dos gêneros é muito similar aos atuais. Isto indicaria que as condições climáticas, através do Mioceno, devem ter sido as mesmas encontradas atualmente para a região. Então, conclui-se que essa paleoflórua é tipicamente tropical americana, o que evidência que a Amazônia já estava constituída desde o Mioceno, mantendo uma relativa estabilidade até hoje, uma vez que também se mantiveram estáveis as condições climáticas. Assim, é cabível falar em uma flora de ambiente úmido, revestida por floresta tropical de planície, confirmando que, pelo menos no NE da Amazônia, o equilíbrio climático se estendeu do Paleoceno até o Plioceno.

Duarte e Rezende-Martins (1985) encontraram no Jazigo Vargem Grande do Sul, SP, uma flora cenozóica composta pelas famílias Celastraceae (*Maytenus*), Myrtaceae (*Eugenia*, *Psidium*, *Myrcia*, *Calyptanthes*, *Gomidezia*) e Symplocaceae (*Symplocus*). Na comparação do material fóssil com o atual, feita pelas autoras, a predominância de elementos micrófilos sobre nanófilos e mesófilos induz à interpretação de um ambiente subtropical, com menor umidade e árvores de menor porte do que o da mata pluvial tropical existente hoje na região. A grande quantidade de folhas de margem inteira encontradas induziu à caracterização de um clima tropical a subtropical, sendo que neste caso, estes constituem 94% dos espécimens de folhas estudadas.

Na Bacia de Taubaté, SP, na Formação de Tremembé, foi encontrada uma flora atribuída ao Cenozóico (Duarte & Mandarin-de-Lacerda, 1989), na qual se relata a presença de Tiliaceae (*Luehea*). Essa família tem o sul da África e do Brasil como principais centros de dispersão, com distribuição tropical, apesar de também apresentar espécies típicas de regiões temperadas. Ainda, para essa formação, foram relatadas (Duarte & Mandarin-de-Lacerda, 1992) as famílias Celastraceae (*Plenckia*) e Loganiaceae

(*Strychnos*), sendo que a última possui metade dos gêneros no Velho Mundo e é bem representada na América tropical e subtropical, ocupando solos úmidos de mata de várzea. Também foi assinalada a presença de Thyphaceae (*Typha*), família cosmopolita, bem adaptada tanto a solos firmes como os inundáveis ou de banhados.

Duarte (1958) abordou os fósseis da bacia Terciária de Fonseca, MG, fazendo referência à família Annonaceae (*Oxandra* e *Annona*) como típica de regiões tropicais e inter-tropicais do Novo Mundo, sendo que foram encontrados fósseis dos gêneros *Annona*, *Guatteria* e *Rollinia* para o Cretáceo Tardio, os quais estão presentes na flora atual. Na seqüência de estudos realizados na Bacia de Fonseca, MG, para o Terciário, o trabalho de Mello *et al.* (2002) cita grande variedade de famílias para a Formação Fonseca, tais como: Annonaceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Combretaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Leguminosae, Malpighiaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Menispermaceae, Mimosaceae, Monimiaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Theaceae, Tiliaceae.

A década de 80 foi rica em trabalhos sobre floras quaternárias no Brasil. Pode-se citar Duarte e Vasconcelos (1980), as quais descreveram material fóssil pertencente às famílias Aspidiaceae (Pteridophyta - *Lastrea*), Moraceae (*Cecropia*), Guttiferaceae (*Clusia* e *Rheedia*), Celastraceae (*Maytenus*), Bixaceae (*Bixa*), Myrsinaceae (*Ardisia* e *Cybianthus*) e Styracaceae (*Styrax*). Com base em dados de morfometria e morfologia foliar, as autoras constataram que a Flórua Quaternária de Umbuzeiro, PB, apresenta características típicas de vegetação das planícies tropicais, divergindo das condições climáticas atuais, a qual se caracteriza por uma vegetação de caatinga arbustiva.

Já para a Flórua de Russas, CE, também Quaternária, Duarte & Nogueira (1980) identificaram as famílias Dilleniaceae (*Curatella*), Guttiferaceae (*Clusia*), Malpighiaceae (*Banisteria*) Styracaceae (*Styrax*) e Apocynaceae (*Plumiera*). Eles consideraram esta flórua como representativa de mata ciliar de planície tropical, encontrada atualmente, em raros trechos do nordeste brasileiro.

No município de Morro do Chapéu, BA, Duarte e Nogueira (1985) encontraram, para o Quaternário, representantes fósseis das famílias Guttiferaceae (*Rheedia*), Polygonaceae (*Coccoloba*), Bixaceae (*Bixa*), Myrsinaceae (*Cybianthus*) e Compositae (*Porophyllum*). As autoras concluem que há grande semelhança entre as

espécies encontradas para os municípios de Morro do Chapéu (BA), Russas (CE) e Umbuzeiro (PB), tratando-se, portanto, de um testemunho de floresta ciliar e não de caatinga, vegetação que existe atualmente na região de proveniência dos fósseis.

A figura a seguir mostra a relação de ocorrência de fósseis de angiospermas no Cenozóico brasileiro e seus relativos atuais, bem como o período cronológico a que pertencem e a bibliografia de referência para cada citação (Figura 2).

<b>Espécie Fóssil</b>	<b>Especie Atual</b>	<b>Família</b>	<b>Local de Coleta</b>	<b>Período</b>	<b>Referência</b>
<i>Pisonia ampliata</i>	<i>P. aculeata</i>	Nyctaginaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Guatteria basilata</i>	<i>G. scytophylla</i>	Nyctaginaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>G. ackermannii</i>	<i>G. duckeana</i>	Nyctaginaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Enclicheria neotropica</i>	<i>E. paniculata</i>	Lauraceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Davilla destituta</i>	<i>D. multiflora</i>	Dilleniaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Bonnetia frequens</i>	<i>B. paniculata</i>	Theaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Caryocar recognitum</i>	<i>C. vilosum</i>	Caryocaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Hyrtella berryana</i>	<i>H. bracteanaa</i>	Chrysobalanaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Drypetes capanemensis</i>	<i>D. ajathophora</i>	Euphorbiaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Hortia paraensis</i>	<i>H. brasiliana</i>	Rutaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Trichilia antecedente</i>	<i>T. davisii</i>	Melastomataceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Serjania decursiva</i>	<i>S. sphaerococca</i>	Sapindaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Sapindus ferreirai</i>	<i>S. saponaria</i>	Sapindaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Apeiba pulchra</i>	<i>A. echinata</i>	Tiliaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Myrcia pirabensis</i>	<i>M. pulvipetala</i>	Myrsinaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Meriania deficiens</i>	<i>M. urceolata</i>	Melastomataceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Cassipouria brasiliensis</i>	<i>C. guaianensis</i>	Rhizocarpaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Diospyros sculpta</i>	<i>D. bullata</i>	Ebenaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Faramaea lapidescens</i>	<i>F. Campanella</i>	Rubiaceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Rapatea primordialis</i>	<i>R. palludosa</i>	Rapataceae	Amazônia Oriental	Neógeno	Rosseti & Góes, 2004
<i>Copaifera</i>	<i>Copaifera</i>	Caesalpinaceae	Jaz. Rod. Quirim Campos do Jordão, Km 11, SP (Formação Tremembé)	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia, Campos, 2002
<i>Machaerium</i>	<i>Machaerium</i>	Papilionidae	Jaz. Rod. Quirim Campos do Jordão, Km 11, SP (Formação Tremembé)	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Aeschynomene</i>	<i>Aeschynomene</i>	Papilionidae	Jaz. Rod. Quirim Campos do Jordão, Km 11, SP (Formação Tremembé)	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Thypha tremembensis</i>	<i>T. latifolia</i>	Thypaceae	Jaz. Rod. Quirim Campos do Jordão, Km 11, SP (Formação Tremembé)	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Oxandra emygdiana</i>	<i>O. euneusa</i>	Annonaceae	Bacia de Fonseca, MG	Terciário/Plioceno	Duarte, 1958
<i>Annona oliveirae</i>	<i>A. marcgravii</i>	Annonaceae	Bacia de Fonseca, MG	Terciário/Plioceno	Duarte, 1958
<i>Annona lamegoi</i>	<i>A. angustifolia</i>	Annonaceae	Bacia de Fonseca, MG	Terciário/Plioceno	Duarte, 1958
<i>Annona carnavalli</i>	<i>A. acutifolia</i>	Annonaceae	Bacia de Fonseca, MG	Terciário/Plioceno	Duarte, 1958

<i>Eriotheca prima</i>	<i>Eriotheca</i>	Bombacaceae	Bacia de Fonseca, MG	Terciário/Plioceno	Duarte, 1958
<i>Caesalpinia echinataformis</i>	<i>Caesalpinia</i>	Leguminosae	Bacia de Fonseca, MG	Terciário/Plioceno	Duarte, 1958
<i>Chondodendron brasiliense</i>	<i>C. platyphyllum</i>	Menispermaceae	Bacia de Fonseca, MG	Terciário/Plioceno	Duarte, 1958
<i>Laurophyllum</i>	<i>Laurophyllum</i>	Lauraceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Seguieria alvarengai</i>	<i>Seguieria</i>	Phytolacaceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Luehea nervaperta</i>	<i>Luehea</i>	Tiliaceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Leguminosites</i>	?	Mimosaceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Cássia</i>	<i>Cássia</i>	Caesalpinaceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Copaifera flexuosa</i>	<i>Copaifera</i>	Caesalpinaceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Machaerium acinciaformium</i>	<i>Machaerium</i>	Papilionidae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Aeschynomene santafesensi</i>	<i>Aeschynomene</i>	Papilionidae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Plenckia prima</i>	<i>Plenckia</i>	Celastraceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Plenckia prima</i>	<i>Plenckia</i>	Celastraceae	?	Cenozóico	Duarte & Mandarin-Lacerda, 1992
<i>Strychnos fossilium</i>	<i>Strychnos</i>	Loganiaceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Thypha tremembensis</i>	<i>T. latifolia</i>	Thypaceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Annona</i>	<i>A. caccans</i>	Annonaceae	Fazenda Santa Fé, (Formação Tremembé), SP	Terciário	Bernardes-Oliveira, Mandarin-Lacerda, Garcia & Campos, 2002
<i>Nectandra</i>	<i>N. megapotamica</i>	Lauraceae	Bacia Aiuroca, MG	Paleógeno	Franco-Delgado & Bernardes-Oliveira, 2004
<i>Plumiera recta</i>	<i>P.bracteata</i>	Apocinaceae	Russas, CE	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1980
<i>Bixa fossilia</i>	<i>Bixa</i>	Bixaceae	Morro do Chapéu- BA	Quaternário	Duarte e Nogueira, 1985
<i>Blechnum</i>	<i>Blechnum</i>	Blechnaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Filha, 1980
<i>Sapindus ferreirai</i>	<i>Sapindus</i>	Sapindaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Filha, 1980
<i>Maytenus fragilis</i>	<i>M. ilicifolia</i>	Celastraceae	Taubaté, SP	Cenozóico	Duarte & Mandarin-Lacerda, 1992
<i>Maytenus fragilis</i>	<i>M. ilicifolia</i>	Celastraceae	Jazigo Vargem Grande	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Curatella russensis</i>	<i>C. americana</i>	Dilleniaceae	Morro do Chapéu, BA	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1985



<i>Ardisia refulgens</i>	<i>A. gracilis</i>	Myrsinaceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980
<i>Bixa fossilai</i>	<i>B. orellana</i>	Bixaceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980
<i>Maytenus decurtata</i>	<i>M. grandiflora</i>	Celastraceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Filha, 1980
<i>Licania angustata</i>	<i>L. mollis</i>	Chrysobalanaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Filha, 1980
<i>Licania gandarellensis</i>	<i>L. rigida</i>	Chrysobalanaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Filha, 1980
<i>Hirtella perfecta</i>	<i>H. brachystachya</i>	Chrysobalanaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Filha, 1980
<i>Eugenia vargensis</i>	<i>E. brasiliensis</i>	Myrtaceae	Jazigo Vargem Grande	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Eugenia punctata</i>	<i>E. involucreta</i>	Myrtaceae	Jazigo Vargem Grande	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Psidium adornatum</i>	<i>P. glaziovianum</i>	Myrtaceae	Jazigo Vargem Grande	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Myrcia diafana</i>	<i>M. castrensis</i>	Myrtaceae	Jazigo Vargem Grande	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Caplytranthes argilosa</i>	<i>C. strigipes</i>	Myrtaceae	Jazigo Vargem Grande	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Gomidezia costata</i>	<i>G. shaueriana</i>	Myrtaceae	Jazigo Vargem Grande	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Symplocos dealbata</i>	<i>S. nitens</i>	Myrtaceae	Jazigo Vargem Grande	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Porophyllum linoi</i>	<i>Porophyllum</i>	Compositae	Morro do Chapéu, BA	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1985
<i>Porophyllum linoi</i>	<i>P. ruderali</i>	Compositae	Morro do Chapéu, BA	Quaternário	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Curatella russensis</i>	<i>C. americana</i>	Dilleniaceae	Russas, CE	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1980
<i>Clusia paranemorosa</i>	<i>C. nemorosa</i>	Guttiferaceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980
<i>Clusia paranemorosa</i>	<i>C. nemorosa</i>	Guttiferaceae	Russas, CE	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1980
<i>Rheedia sculpta</i>	<i>Rheedia</i>	Guttiferaceae	Morro do Chapéu, BA	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1985
<i>Rheedia sculpta</i>	<i>R. brasiliensis</i>	Guttiferaceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980
<i>Cássia adumbrata</i>	<i>C. matogrossensis</i>	Caesalpinaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Filha, 1980
<i>Typha tremembensis</i>	<i>Typha</i>	Loganiaceae	?	Cenozóico	Duarte & Mandarim-Lacerda, 1992
<i>Strychnos fossilium</i>	<i>Strychnos</i>	Loganiaceae	?	Cenozóico	Duarte & Mandarim-Lacerda, 1992
<i>Strychnos fossilium</i>	<i>S. brasiliensis</i>	Loganiaceae	Taubaté, SP	Cenozóico	Duarte & Mandarim-Lacerda, 1992
<i>Banisteria ampliata</i>	<i>B. pruinosa</i>	Malpighiaceae	Russas, CE	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1980
<i>Cecropia</i>	<i>Cecropia</i>	Moraceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980
<i>Cybianthus tenuis</i>	<i>C. boisseiri</i>	Myrsinaceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980
<i>Cybianthus tenuis</i>	<i>Cybianthus</i>	Myrsinaceae	Morro do Chapéu, BA	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1985
<i>Myrciaria abscondita</i>	<i>M. trunciflora</i>	Myrtaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Filha, 1980
<i>Gomidezia costata</i>	<i>G. shaueriana</i>	Myrtaceae	?	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Calypttranthes argilosa</i>	<i>C. strigipes</i>	Myrtaceae	?	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Eugenia vargensis</i>	<i>E. brasiliensis</i>	Myrtaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Eugenia punctata</i>	<i>E. involucreta</i>	Myrtaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Psidium adornatum</i>	<i>P. glaziovianum</i>	Myrtaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Myrcia diafana</i>	<i>M. castrensis</i>	Myrtaceae	Gandarela, MG	Cenozóico	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Ardisia refulgens</i>	<i>A. gracilis</i>	Myrsinaceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980

<i>Dictyoloma beckery</i>	<i>D. vandelianum</i>	Rutaceae	Gandarela, MG	Quaternário	Duarte & Filha, 1980
<i>Coccoloba bahiensis</i>	<i>C. cereifera</i>	Polygonaceae	Morro do Chapéu, BA	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1985
<i>Styrax rosadoi</i>	?	Styracaceae	Russas, CE	Quaternário	Duarte & Nogueira, 1980
<i>Symplocus dealbata</i>	<i>S. nitens</i>	Symplocaceae	?	Quaternário	Duarte & Rezende-Martins, 1985
<i>Styrax paraibensis</i>	<i>S. pohlii</i>	Styracaceae	Umbuzeiro, PB	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980
<i>Luehea nervaperta</i>	<i>L. conventzii</i> , <i>L. divaricata</i>	Tiliaceae	Bacia de Taubaté, SP	Cenozóico	Duarte & Mandarim-Lacerda, 1992
<i>Luehea nervaperta</i>	Várias	Tiliaceae	Taubaté, SP	Quaternário	Duarte & Vasconcelos, 1980
<i>Qualea incisa</i>	<i>Q. gestasiana</i>	Vochisiaceae	Gandarela, MG	Quaternário	Duarte & Filha, 1980
<i>Tibouchina dolianitti</i>	<i>T. maximiliana</i>	Melastomataceae	Fonseca, MG	Plioceno	Duarte, 1956
<i>Tibouchina ssantosii</i>	Várias	Melastomataceae	Bacia de Fonseca, MG	Plioceno	Duarte, 1956
<i>Ficus mamilliferafolia</i>	?	Moraceae	Ouriçanguinhas, BA	Plioceno	Dolianiti, 1948
<i>Ficus arameryensis</i>	?	Moraceae	Ouriçanguinhas, BA	Plioceno	Dolianiti, 1949
<i>Coussapoa</i> ,	?	Moraceae	Rio Juruá	Plioceno	Dolianiti, 1950
<i>Coccolobites riograndensis</i>	?	Poligonaceae	Baixa verde, RN	Cretáceo Sup.	Dolianiti, 1951
<i>Coccolobites tertiaria</i>	?	Poligonaceae	Marau, BA	Plioceno	Dolianiti, 1952
<i>Coccolobites preuvifera</i>	?	Poligonaceae	Mocambo, BA	Plioceno	Dolianiti, 1953
<i>Psonia branneri</i>	?	Nyctiginaceae	Ouriçanguinhas, BA	Plioceno	Dolianiti, 1954
<i>Terminalia maxima</i>	?	Euphorbiaceae	Fonseca, MG	Plioceno	Dolianiti, 1955
<i>Myrcia rsotratoformis</i>	?	Myrtaceae	Ouriçanguinhas, BA	Plioceno	Dolianiti, 1956
<i>Psidium cuneatifolium</i>	?	Myrtaceae	Maraú, BA	Plioceno	Dolianiti, 1957
<i>Calypthanthus maraheiensis</i>	?	Myrtaceae	Maraú, BA	Plioceno	Dolianiti, 1958

Figura 2: Espécies fósseis, seus relativos modernos, sua localização, período de ocorrência e bibliografia correspondente.

## 6. INTRODUÇÃO ÀS FLORAS BRASILEIRAS ATUAIS

Segundo o IBGE (1992), a vegetação do Brasil está compreendida na Zona Neotropical, sendo dividida segundo o aspecto geográfico em dois territórios: o amazônico e o extra-amazônico. No primeiro (área ombrófila), a temperatura média fica em torno de 25° C, com chuvas torrenciais bem distribuídas durante o ano, sem déficit hídrico. No domínio extra-amazônico (área ombrófila e estacional), são dois os climas básicos, um tropical com temperaturas médias em torno de 22°C e precipitação com déficit hídrico, e um subtropical, com temperaturas suaves no inverno, as quais amenizam a média anual situada em torno de 18°C. Este último possui chuvas moderadas e bem distribuídas, contudo com fase de dormência vegetativa devido às baixas temperaturas dos meses frios.

Devido ao seu posicionamento, o Brasil está localizado entre 5° de latitude Norte e 32° de latitude Sul, com altitudes desde o nível do mar até superiores a 3.000 metros, o país apresenta variadas condições ecológicas e, em cada área uma vegetação típica se desenvolveu ao longo do tempo.

A explicação para a atual distribuição da flora neotropical brasileira está alicerçada na deriva continental e na evolução monofilética dos seres vivos. Assim a vegetação brasileira recebeu plantas pantropicais, as quais, após o evento da deriva continental do continente sul-americano, geraram famílias, gêneros e espécies endêmicos, constituindo desse modo, os domínios florísticos da Zona Neotropical.

Martius reconheceu cinco Províncias Fitogeográficas, para o Brasil, as quais são grandes áreas caracterizadas por apresentarem endemismos em nível de gênero e espécie (Walter, 1986). Dessa forma se tem *Nayades* (Província das Florestas Amazônicas), *Dryades* (Província Costeira ou Atlântica), *Hamadryades* (Província das Caatingas do Nordeste), *Oreades* (Província dos Cerrados) e *Napaeae* (Província das Florestas de Araucária e dos Campos do Sul).

Os endemismos que caracterizam as províncias estão condicionados ao clima e são conhecidas por domínios morfoclimáticos e fitogeográficos distintos, tais como: Domínio Amazônico, Domínio da Mata Atlântica, Domínio das Caatingas, Domínio dos Cerrados, Domínios das Araucárias e Domínio das Pradarias do Sul. Segundo Ab'Saber,

“Domínio” é entendido como espaços geográficos onde predominam certas características morfoclimáticas e fitogeográficas distintas das que ocorrem nos demais espaços (IBGE, 1992).

## **6.1. Bioma**

Em ecologia, chama-se Bioma a uma comunidade biológica, ou seja, fauna e flora e suas interações entre si e com o ambiente físico: solo, água e ar. Um bioma pode ter uma ou mais vegetações predominantes. Bioma pode ser entendido, ainda, como um amplo conjunto de ecossistemas terrestres caracterizados por tipos fisionômicos semelhantes de vegetação, com diferentes tipos climáticos, formando um conjunto de condições ecológicas de ordem climática e características de vegetação: um grande ecossistema com fauna, flora e clima próprios. Os principais biomas mundiais são: Tundra, Taiga, Floresta Temperada Caducifólia, Floresta Tropical Chuvosa e Savana.

Pode ser percebido que num dado domínio, nem tudo que ali se encontra corresponde ao bioma. Bom exemplo disso é o Cerrado, que possui matas galeria e florestas mesófilas distintas de um típico Cerrado, popularmente conhecido por suas árvores secas e retorcidas. Estas formações florestadas, porém, são exemplos de representantes de outro bioma que encontraram em partes do Cerrado, uma particular combinação de fatores os quais criaram condições suficientemente semelhantes ao seu domínio de origem para que estas ali se estabelecessem. Essas condições não dominam o ambiente de Cerrado, apenas são excêntricas a ele.

Os biomas Floresta Amazônica, Floresta Atlântica e Cerrado foram selecionados pois, são os mais apropriados para comparação com o ambiente sugerido para a formação fóssil estudada neste trabalho.

### *6.1.1 Bioma Floresta Amazônica*

A Floresta Amazônica tem a maioria de seus 7 milhões de Km<sup>2</sup> constituída em terra firme, essa parte nunca fica alagada e se estende sobre uma planície com até 200 metros de altitude, ou seja, até o sopé das montanhas. Essa planície corresponde aos sedimentos deixados pelo lago Belterra, que ocupou a maior parte da bacia Amazônica durante o Mioceno e Plioceno, entre 25 e 1,8 milhões de anos atrás. As argilas ali

depositadas foram elevadas por movimentos pirogenéticos, enquanto os Andes se ergueram e os modernos rios começaram a cavar seus leitos, fazendo surgir três subtipos de florestas, todos denominados como amazônicos: Florestas Montanhosas Andinas, Florestas de Terras Firmes e Florestas Fluviais Alagadas, estando as duas últimas dentro na Amazônia brasileira.

As flutuações climáticas do Pleistoceno se caracterizaram por repetidas sucessões de fases climáticas fria-seca, quente-úmida, quente-seca, sendo que a última fase fria-seca, datada entre 18 a 12 mil anos atrás, caracterizava-se por manter um clima semiárido na Amazônia, e temperatura média de 5° C. Houve um retorno do clima quente-úmido, a cerca de 7 mil anos atrás, o qual se firmou e, desde então, uma relativa estabilidade climática, entre oscilações de menor porte, se instalou na região (IBGE, 1992).

As fases semi-áridas permitiram a instalação de formações vegetais abertas, tais como cerrados e caatingas, as quais suportam melhor o clima seco. Então, a floresta teria se recolhido a “refúgios” situados em áreas mais altas com solos mais úmidos. Quando do retorno do clima úmido, a floresta teria se expandido novamente, em detrimento dessa vegetação de cerrado. Embora, atualmente, o Cerrado tenha seu domínio bem definido, ainda podem ser observados mosaicos compostos por esse tipo de vegetação em áreas abertas da floresta amazônica (IBGE, 1992).

Os solos argilosos e podzólicos da Amazônia forçaram a adaptação das plantas a sua pobreza de nutrientes, assim como à associação com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos simbiotes. Esta floresta, rica em Aráceas epífitas é comparada à Mata Atlântica, porém, é pobre em bromélias e orquídeas, as quais apresentam estreita simbiose com formigas (IBGE, 1992).

### *6.1.2 Bioma Floresta Atlântica*

A Floresta Atlântica é considerada um dos 25 *hotspots* da biosfera. Porém, a forte fragmentação de seus ecossistemas, causada basicamente pela ocupação humana e desenvolvimento acelerado nada sustentável das últimas décadas, tem posto em risco a existência deste bioma.

Sua definição passa por algumas complexidades, mas pode ser entendida como um complexo florestal que acompanha a costa leste brasileira, com estrutura e composição florística que levam a sua diferenciação.

Exemplo desta complexidade pode ser encontrado quando comparadas a Floresta Atlântica da Serra do Mar e a Floresta Atlântica de Tabuleiros, esta última possui ausência quase total de elementos epifíticos, tais como musgos, líquens, aráceas, pteridófitas entre outras, porém guarda grande semelhança com a Floresta de Tabuleiros amazônica, e com a Hiléia de Terra Firme Amazônica. Porém, ambas diferem na altura das árvores, pois a Floresta Atlântica de Tabuleiros possui árvores não superiores a 40 metros de altura e apresenta abundantes lianas. Essa floresta de tabuleiros possui ainda, traços estruturais que indicam condições de menor disponibilidade hídrica, o que conduz a certa semelhança com as florestas africanas de baixas latitudes.

A Floresta Atlântica é constituída por espécies típicas provenientes da Floresta Amazônica, que remontam a relíquias de uma migração passada da Hiléia pelo litoral, descendo até a costa do Rio de Janeiro, dando idéia da ocorrência de uma época com certeza mais úmida, quando dessa migração. A presença da família Myrtaceae distancia, significativamente, a Floresta Atlântica da Floresta Amazônica, sendo que a última apresenta a predominância de Moraceae e Lecythidaceae, assim como larga riqueza em espécies de Leguminosae e Sapotaceae. Ao que parece estas quatro últimas famílias indicam um traço comum entre florestas neotropicais (Garay & Rizzini, 2004).

A presença de espécies arbóreas esclerófilas pode ser utilizada para o entendimento funcional dessas na comunidade permitindo o agrupamento de espécies em grupos funcionais à partir de critérios como forma de vida, profundidade da raiz, tamanho, estrutura foliar, associações simbióticas, sensibilidade, resistência ao fogo. Assim, a noção de um grupo funcional representa um intento de síntese no estudo de comunidades.

Formações vegetais próprias de trópicos apresentam caducifolia associada ao caráter mais ou menos esclerófilo das populações vegetais. Na verdade, a propriedade da esclerofilia resulta das características morfológicas e fisiológicas das espécies, assim as folhas de espécies perenes são mais duras, pesadas e grossas, enquanto que as folhas adultas de árvores decíduas possuem características opostas a essas.

### 6.1.3 Bioma Cerrado

A extensa região central do Brasil compõe-se de um mosaico de tipos de vegetação, solo, clima e topografia bastante heterogêneos. O Cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira, superado apenas pela Floresta Amazônica. São 2 milhões de km<sup>2</sup> espalhados por 10 estados, ou 23,1% do território brasileiro. O Cerrado é uma savana tropical na qual a vegetação herbácea coexiste com mais de 420 espécies de árvores e arbustos esparsos. O solo é antigo e profundo, ácido e de baixa fertilidade, com altos níveis de ferro e alumínio.

O bioma Cerrado, enquanto ecossistema tropical de Savana, é considerado um complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical e de continentes como África e Austrália. O Cerrado tem um clima tropical com uma estação seca pronunciada. A área nuclear do Cerrado está distribuída pelo Planalto Central Brasileiro, nos Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, parte de Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal, abrangendo cerca de 196.700.000 ha. Há outras áreas de Cerrado, chamadas periféricas ou ecótonos, que são transições com os biomas Amazônia, Caatinga e Mata Atlântica. O Cerrado típico é constituído por árvores relativamente baixas (até vinte metros), esparsas, disseminadas em meio a arbustos, subarbustos e uma vegetação rasteira constituída, em geral, por gramíneas. Assim, o Cerrado contém basicamente dois estratos: um superior, formado por árvores e arbustos dotados de raízes profundas que lhes permitem atingir o lençol freático, situado entre 15 a 20 metros de profundidade; e um inferior, composto por um tapete de gramíneas de aspecto rasteiro, com raízes pouco profundas, onde a intensidade luminosa é alta em relação ao espaçamento. Na época seca, este tapete rasteiro parece palha, favorecendo a propagação de incêndios naturais ou não.

A típica vegetação que ocorre no Cerrado possui seus troncos tortuosos, de baixo porte, ramos retorcidos, cascas espessas e folhas grossas. Os estudos efetuados consideram que a vegetação nativa do Cerrado não apresenta essa característica pela falta de água, pois ali, se encontra uma grande e densa rede hídrica subterrânea, mas sim, devido a outros fatores edáficos, tal como o desequilíbrio no teor de micronutrientes, a exemplo do alumínio.

Nas florestas-de-galeria as espécies mais encontradas são: Pau d'Arco Roxo (*Tabebuia ipe*), Copaíba (*Copaifera grandifolia*), Aroeira (*Astronium urundeuva*), Tamanqueira (*Stryphnodendron* sp), Jerivá (*Arecastrum romanzaffianum*) e Viuvinha (*Jacaranda brasiliana*) e, nas partes baixas, Buritis (*Mauritia* sp.) e Babaçu (*Orbignya martiana*). Fora da parte coberta com floresta de galeria destacam-se: Pau Terra Vermelho (*Qualea multifolia*), Lixeira (*Curatella americana*), Murici rói-rói (*Byrsonima cocaldsifolia*), Caju-do-Campo (*Anacardium* sp.) e Mandioqueiras (*Quaiba* spp).

Este bioma também se caracteriza por suas diferentes paisagens, que vão desde o cerradão (com árvores altas, densidade maior e composição distinta), passando pelo cerrado mais comum no Brasil central (com árvores baixas e esparsas), até o campo cerrado, campo sujo e campo limpo (com progressiva redução da densidade arbórea). Ao longo dos rios há fisionomias florestais, conhecidas como florestas de galeria ou matas ciliares. Essa heterogeneidade abrange muitas comunidades de mamíferos e de invertebrados, além de uma importante diversidade de microorganismos, tais como fungos associados às plantas da região.

O Cerrado é cortado por três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Tocantins, São Francisco e Prata), o que favorece a manutenção de sua biodiversidade. Estudos recentes indicam que apenas cerca de 20% do Cerrado ainda possui a vegetação nativa em estado relativamente intacto (WWF-Brasil, 2007).

Nas áreas de transição entre os biomas Cerrado e Caatinga pode ser observada uma vegetação rica, incorporando espécies de ambos ecossistemas. A falta de estudos sobre as espécies que compõem estes ambientes é evidenciada pela carência de publicações científicas. Além disto, a maior parte desta área está localizada na fronteira do Cerrado com o Sertão, no interior de estados nordestinos, onde as instituições de ensino e pesquisa são mais escassas.

Ao que tudo indica, a origem do Bioma Cerrado está ligada à retração e expansão de florestas, em épocas frias e quentes, respectivamente ocorridas, principalmente, durante o final do Pleistoceno, ou seja, em períodos glaciais secos. Alguns remanescentes de mata úmida sobreviveram, mesmo com a expansão de matas secas e formações campestres, caatinga e cerrado. A evidência está correlacionada com espécies típicas de ambientes mais úmidos, atualmente encontradas em ambientes secos como o



Cerrado. Isso explicaria a existência de florestas no Cerrado. Estas plantas, por sua vez, sofreram transformações de acordo com as variações de fatores locais, tais como: hidrografia, topografia, disponibilidade hídrica e profundidade dos solos. Então, entende-se dois tipos de formações florestais para o Cerrado, sendo uma associada à hidrologia e outra aos solos.

A formação florestal associada a ambiente com água aflorante, de solos mais úmidos, é considerada uma vegetação extra-cerrado, advinda de intrusões tanto da Floresta Amazônica como da Mata Atlântica, enquanto que a formação associada a ambiente sem curso d'água, localiza-se em solos mais ricos que contêm calcário, sendo denominada de floresta seca.

Há um cinturão florestal que vem desde a Amazônia, cruzando o Cerrado até alcançar a Floresta Atlântica, através de redes de florestas associadas a cursos d'água. Ao norte do Cerrado as plantas deste cinturão apresentam maior relação com elementos da Floresta Amazônica e ao sul elas apresentam maior afinidade com elementos das florestas montanas do sudeste brasileiro. As florestas secas são consideradas como um corredor de savanas que, na América do sul, interliga a Caatinga, o Cerrado e o Chaco (Bolívia, Paraguai e norte da Argentina), e também algumas áreas nos Andes e Amazônia. São espécies ditas calcífilas decíduas, acostumadas a solos calcários, mais ricos em fosfato.

Portanto, a origem das formações savânicas, parece estar relacionada a fatores climáticos, à sazonalidade hídrica e ao fator pedológico, sendo este último relacionado com aspectos como oligotrofismo e profundidade do solo. Dessa forma, a ocorrência de áreas isoladas de cerrado, internas a outras formações, sugere que o cerrado ocupou uma área mais ampla no passado, do que a atual. Isso é mantido por duas evidências. Uma seria a similaridade florística entre as áreas disjuntas de cerrado com a flora da área que ainda se preserva como contínua. A segunda é demonstrada pelo baixo nível de endemismo de espécies nas áreas disjuntas da Amazônia e Floresta Atlântica (Henriques, 2005). Ledru *et al.* (1996) confirmam, através dos estudos palinológicos, que a área de cerrado se estendia, no passado, além do seu limite a leste, sudeste e sul do Brasil no passado.

São plantas típicas do Cerrado de Goiás: Aroeira-vermelha (*Astronium fraxinifolium*), Benjoeiro (*Styrax ferrugeneus*), Candeia (*Gochnatia polymorpha*), Capitão

(*Terminalia argentea*), Capororoca (*Rapanea guianensis*), Caroba-de-flor-verde (*Cybistax antisyphilitica*), Craibeira (*Tabebuia caraiba*), Dedaleiro (*Lafoensia pacari*), Embiruçu (*Eriotheca pubescens*), Fruta-de-ema (*Couepia grandiflora*), Guatambu (*Aspidosperma macrocarpon*), Imbiru (*Eriotheca gracilipes*), Ipê-branco-do-brejo (*Tabebuia serratifolia*), Lixeira (*Curatella americana*), Louro-pardo (*Cordia trichotoma*), Marmeleiro-do-campo (*Austroplenckia populnea*), Pêssego-do-mato (*Hexachlamys edulis*), Pimenta-de-macaco (*Xylopia aromatica*), Pequi (*Caryocar brasiliense*), Tingui (*Mangonia pubescens*).

O Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade com a presença de diversos ecossistemas, sendo que até os anos de 1950, manteve-se quase inalterado. Mas, à partir da década de 60, com a interiorização da capital do país e a abertura de uma nova rede rodoviária, os largos ecossistemas do Cerrado deram lugar à pecuária e à agricultura extensiva, como a da soja, arroz e trigo. Tais mudanças se apoiaram, sobretudo, na implantação de novas infra-estruturas viárias e energéticas, bem como na descoberta de novas vocações desses solos regionais, permitindo novas atividades agrárias rentáveis, em detrimento de uma biodiversidade, até então, pouco alterada.

#### *Formações de matas úmidas no Cerrado Brasileiro*

As matas de galeria não ocupam mais do que 5% da área do Cerrado são, porém, responsáveis diretas pela quantidade e qualidade da água que corre nos riachos e córregos da Região Central do Brasil, comportando em sua estrutura, mais de 30% das espécies de plantas vasculares desse Bioma (Ribeiro *et al.*, 2001).

Com base na ecologia de paisagem, popularmente, a nomenclatura Mata ou Floresta de Galeria, Mata Ciliar, ou ainda Mata Ripária ou Mata Ribeirinha é entendida como uma formação arbórea associada a corpo de água. Porém, por definição, é correto aplicar o termo mata somente para designar formações florestais, ou seja, formações com dominância de árvores.

A *Mata Ciliar* (Figura 3) é definida como vegetação florestal estreita, constituída por árvores de 20 a 25 metros de altura, que acompanham as margens de rios de porte médio a grande, ocorrendo sobre terrenos acidentados, sem transição definida entre outras fisionomias vizinhas a ela. Apresenta também diferentes graus de caducifolia, solos rasos e indivíduos rupícolas.

A *Mata de Galeria* (Figura 4) possui, ainda, dois subtipos, o não inundável e o inundável, sendo caracterizada por uma vegetação florestal que acompanha riachos de pequeno porte e córregos, a qual forma corredores fechados sobre o curso de água, geralmente, em terreno onde a água ainda não escavou o canal definitivo. Não é fortemente pela caducifolia, mas é circundada por formação florestal em ambas as margens, apresentando clara transição com as formações savânicas ou de campo. Seus indivíduos possuem entre 20 e 30 metros, com alta umidade relativa no seu interior e tem solos mais férteis devido ao carreamento de matéria orgânica.

O tipo de vegetação que caracteriza as Matas de Galerias apresenta muitos elementos de biomas vizinhos, do tipo Mata Amazônica ou Mata Atlântica, conforme a localização. Oliveira Filho & Ratter (1995) acreditam que espécies lenhosas distribuam-se desde a Floresta Amazônica até a Atlântica, cruzando o Cerrado numa rota noroeste-sudeste através de uma rede de florestas associadas a cursos de água. Assim, conclui-se que as florestas do norte apresentam ligação florística mais forte com as florestas da Amazônia, enquanto as do centro e sul são mais semelhantes com as florestas semidecíduas montanas do Sudeste brasileiro.

Existem alguns fatores que influenciam e controlam os limites de existência de uma Mata de Galeria, como a geomorfologia, a qual claramente controla esse tipo de mata, uma vez que a sua localização está condicionada aos canais de drenagem de bacias hidrográficas. O controle hídrico também delimita a área de expansão da Mata de Galeria pois, essa precisa da constante disponibilidade hídrica existente no meio. Podendo ser definido ainda que, quando o lençol freático é mais superficial ocorre a Mata de Galeria inundável, quando ele é mais profundo ocorre a Mata de Galeria não inundável (Walter, 1995; Ribeiro & Walter, 1998). Já o fator pedológico não traz muitas conclusões, pois parece que as adaptações da vegetação estão mais relacionadas às condições hídricas do que às pedogênicas, uma vez que a fertilidade natural do solo está diretamente ligada à dinâmica da cobertura vegetal, embora seja óbvio que a produtividade de matéria orgânica torne mais ricos os solos de florestas úmidas do que os das demais fitofisionomias do Cerrado.

Dessa forma, cabe aqui realçar as premissas apontadas por Henriques (2005) sobre os determinantes edáficos das fitofisionomias do Cerrado, tais como a fertilidade do

solo a qual parece ser responsável pela variação fisionômica nesse bioma. Assim, a maior densidade de plantas lenhosas estaria relacionada a solos mais jovens, com maior fertilidade, enquanto fisionomias de campo ou vegetação menos densa, ao contrário, estariam relacionadas a solos mais antigos, ou seja mais maduros, conseqüentemente nutricionalmente esgotados.

Em Matas de Galeria e Matas Ciliares são encontradas famílias como: Caesalpinaceae, Mimosaceae, Fabaceae, Orchidaceae, Rubiaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Melastomataceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Malpighiaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Solanaceae, Sapindaceae, Piperaceae, Verbenaceae. Essas matas compartilham, muitas vezes, famílias com outras fitofisionomias do Cerrado, estando excluídas apenas 19 famílias que não ocorrem em matas ribeirinhas, a saber: Caryocaraceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Custutaceae, Haloragaceae, Hydrophyllaceae, Hypoxidaceae, Iridaceae, Juncaceae, Krameriaceae, Mayacaceae, Menyanthaceae, Portulacaceae, Primulaceae, Rafflesiaceae, Rapataceae, Santalaceae, Velloziaceae e Xyridaceae (Ribeiro *et al.*, 2001). As matas ribeirinhas são vistas como importantes repositórios de biodiversidade por conterem elementos vegetacionais de outras regiões, funcionando como refúgio de animais típicos de áreas florestadas que buscam abrigo e alimento.

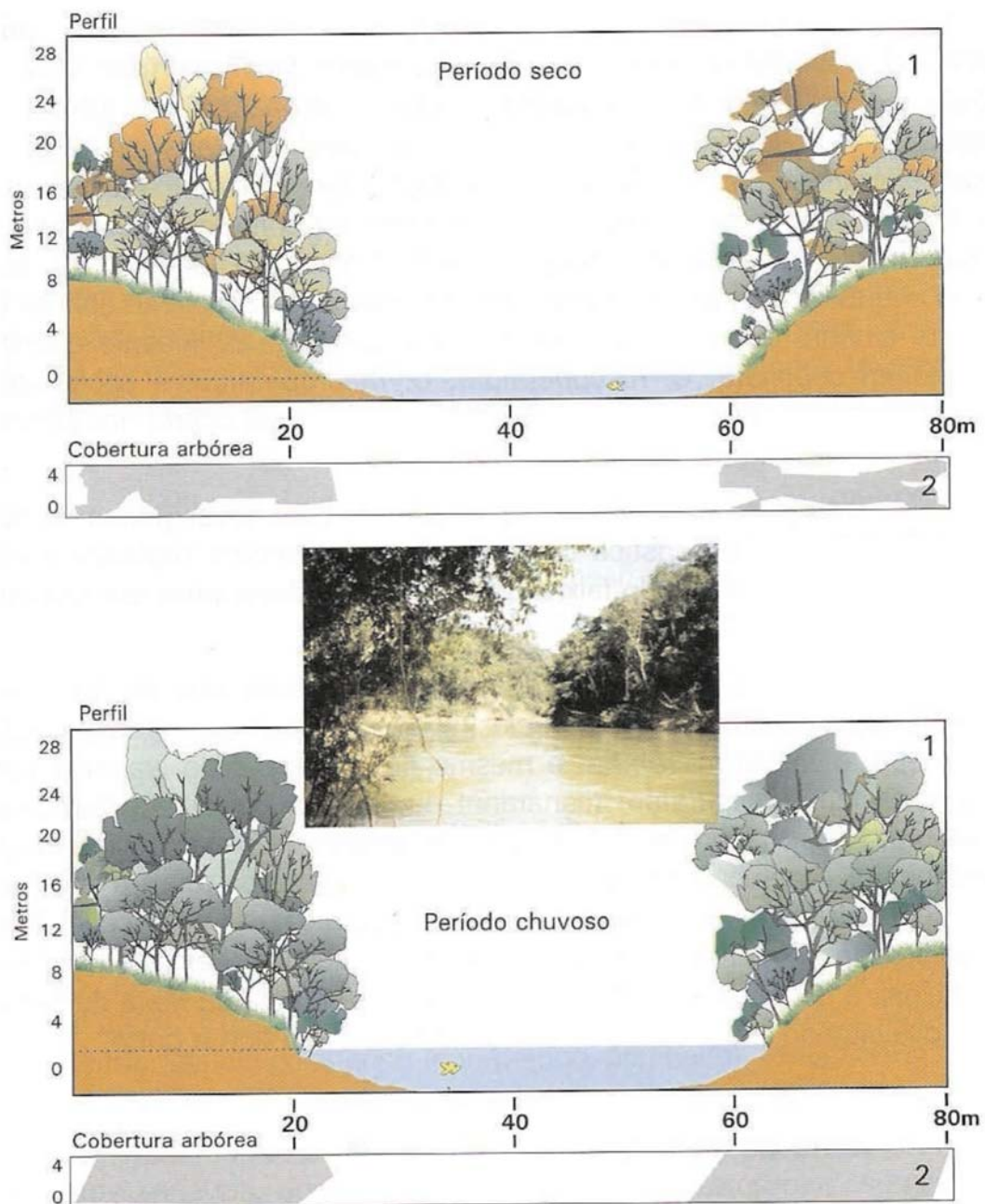


Figura 3: Mata Ciliar: vegetação que acompanha margens de rios de médio a grande porte. Adaptado de Ribeiro & Walter (1998).

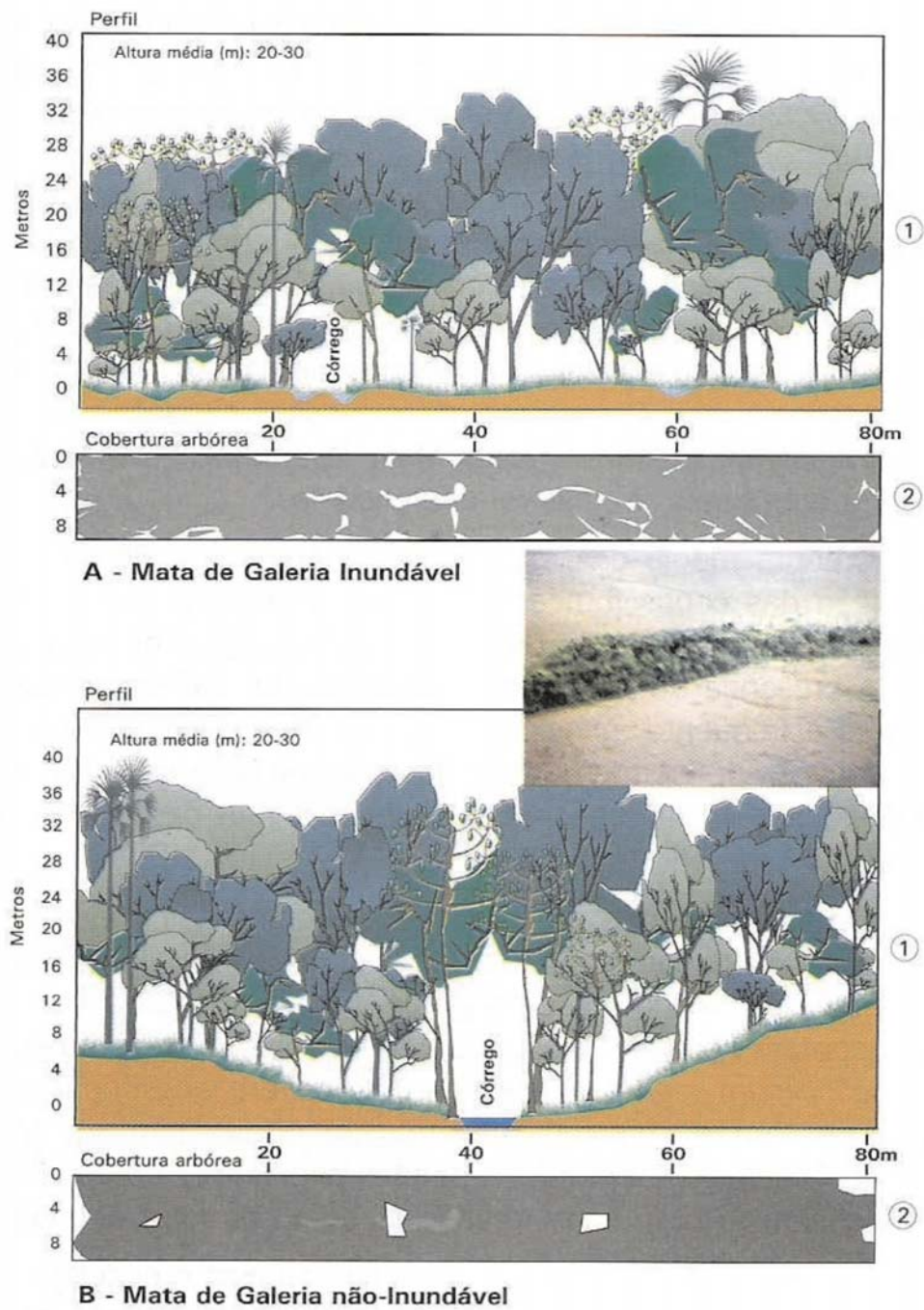


Figura 4: Mata de Galeria: vegetação que acompanha cursos d'água de pequeno porte, formando corredores fechados. Adaptado de Ribeiro & Walter (1998).

## 7. ECOSISTEMAS CONDICIONADOS PELO FOGO

Ao citar o Bioma Cerrado é necessário discutir a influência do fogo como um agente de perturbação vegetacional que age de forma drástica, causando grande impacto em qualquer fitofisionomia onde ocorra, estimulando a reprodução vegetativa em lugar de novas mudas (Henriques, 2005).

Segundo Pyne *et al.* (1996), as condições que tornaram possível a ocorrência de incêndios naturais no planeta Terra apareceram entre, aproximadamente, 350 a 400 milhões de anos atrás. A subsequente história de incêndios naturais coincide com o desenvolvimento da vida terrestre, a separação da crosta em continentes e a evolução da atmosfera. Entretanto, a paleohistória dos incêndios naturais é pobremente conhecida e pouco pesquisada. Os maiores problemas a respeito são a falta de um entendimento completo sobre a ocorrência de *charcoal* no registro fóssil, a fidelidade de preservação e identificação das plantas ou partes delas e o efeito dos incêndios naturais no pré-quadernário.

As primeiras plantas vasculares terrestres se espalharam sobre os continentes no Siluriano, mas, aparentemente, elas não colonizaram uma grande variedade de nichos ecológicos até o Devoniano (Taylor & Taylor, 1993). A maioria delas tinha pequeno porte e, mesmo em comunidade, não havia biomassa suficiente para sustentar um incêndio substancial.

Os registros de *charcoals* do final do Paleozóico e início do Mesozóico são poucos. Entretanto, importantes depósitos do final do Mesozóico foram encontrados, enquanto a ocorrência de *charcoal* no limite K/T tem sido relatada como evidência de um incêndio global que se seguiu após o impacto de um grande meteorito, teoria defendida por poucos pesquisadores. Os efeitos do fogo podem ser devastadores, liderando a destruição de um habitat e aumentando a erosão, mas igualmente, ele pode ser necessário para o rebrotamento de tipos vegetacionais e para animais especializados nesse tipo de ecossistema (Crutzen & Goldammer, 1993; Pyne *et al.*, 1996).

Segundo Robinson (1989), grande quantidade de folhedo pode ter existido no Paleozóico e início do Mesozóico devido à falta de basidiomicetes capazes de degradar a

lignina nesta época. Naturalmente, um incêndio pode começar devido à ocorrência de relâmpagos, atividade vulcânica, fagulhas durante a queda de rochas e combustão espontânea. Para um foco de incêndio começar e se espalhar são necessárias quatro fases: pré-ignição, ignição, combustão e extinção. A celulose (70 % da parede das células do lenho) é estável acima de 250°C, mas a 325°C inicia-se a sua quebra, gerando gases inflamáveis. Em contraste, a lignina (30% das paredes) é mais resistente à degradação termal e seu registro será preservado como material queimado, escuro, conhecido como *charcoal*. Oxigênio é essencial para a reação e a continuação do fogo. As chamas são produzidas acima de 460°C, mas a temperatura máxima pode chegar a 1900-2200°C, em condições laboratoriais. Chamas comuns têm temperaturas em torno de 700°C e 980°C. Dentro das camadas de folheto as temperaturas são frequentemente baixas, em torno de 300°C, mas podem chegar a 600°C e permanecer altas por diversas horas (Pyne *et al.*, 1996).

Segundo Scott (2000), um foco de incêndio pode ser classificado em diferentes classes, de acordo com a variação na sua temperatura entre os diferentes tipos de vegetação, sendo que algumas comunidades estão mais aptas a incendiar na superfície do que abaixo do solo. Assim tem-se, Classe 0: sem incêndio natural, Classe 1: infrequente, levando mais de 25 anos como intervalo até a nova ocorrência de incêndio/retorno, com foco superficial; Classe 2: frequente com 1-25 anos de intervalo de retorno, com foco superficial; Classe 3: infrequente, isto é, mais de 25 anos de intervalo de retorno e diversos focos de incêndio; Classe 4: incêndios superficiais, com intervalo de 25 a 100 anos até a próxima ocorrência de incêndio e a combinação de diversas superfícies em chamas; Classe 5: longo intervalo, acima de 300 anos, de retorno e a combinação de diversos focos de incêndio.

O reconhecimento de incêndios no registro fóssil pré-quaternário se dá através da evidência de fusênio como *charcoal*, que é um dos quatro litotipos de carvão. O termo descreve bandas microscópicas negras, delicadas e lustrosas, facilmente reconhecíveis no carvão (Jones *et al.*, 1991). O *charcoal* fóssil é conhecido pela excelente preservação da sua estrutura anatômica, sendo a microscopia de varredura (MEV), ainda, o melhor método para revelar estas formas.



O fusênio tem sido definido como cepas e manchas de material negro, fibroso e opaco, o qual mostra a estrutura celular da madeira com o lúmen da célula geralmente vazio (Stope, 1919). Entretanto, enquanto em alguns casos pínulas de pteridófitas preservadas como fusênio são reconhecíveis, pequenas folhas podem somente ser observadas por maceração (Harris, 1957; Scott, 2000). Grandes e isolados fragmentos de fusênio são, geralmente, aceitos como *charcoal* fóssil. Petrologistas de carvão têm, geralmente, estudado as amostras em blocos polidos sob óleo em luz refletida. Fusenita é definida pelo Comitê Internacional de Petrologia do Carvão (1975) como tendo parede celular altamente refletida, uma vez que em luz refletida sob óleo as paredes celulares, freqüentemente, aparecem brancas, mostrando alta reflectância. Já as pequenas partículas são descritas geologicamente como inertodetrinite (Jones *et al.*, 1991)

A reflectância do material é adquirida antes da sua incorporação ao sedimento, assim, quanto mais alta ela for, maior foi o aquecimento sofrido. O aumento da reflectância tem sido observado em madeiras queimadas a 200°C por mais de 1 hora. A 300°C a reflectância aumenta de 1% e a 400°C para mais de 2%, enquanto a maioria da reflectância acima de 2% foi produzida por incêndios acima de 500°C. Temperaturas acima de 900°C produzem reflectância acima de 6%.

Guo & Bustin (1998) demonstraram que a taxa de aumento na reflectância é extremamente dependente da temperatura, entretanto, para temperaturas abaixo de 350°C o máximo de reflectância estabelecido, dentro de 1 hora, foi de 1% a 320° C. Em contraste, acima de 450°C houve um rápido aumento de reflectância com o passar do tempo. Algumas implicações podem ser levantadas à partir da ocorrência de *charcoal* fóssil, no que se refere à atmosfera e clima, pois, o incêndio não pode ser suportado sem oxigênio livre na atmosfera. As reações em que ele acontece iniciam-se por uma fase de pré-ignição, na qual há reação endotérmica, mas só pode ser sustentado com níveis de oxigênio atmosférico a 7% (Chaloner, 1989), o que equivale a 0,3% do presente nível de oxigênio atmosférico atual. Para existir um foco de incêndio, oxigênio, calor e combustível devem estar presentes no local.

Quanto à evidência fóssil, o incêndio natural produz dois tipos de matéria predominante da queima da vegetação, o *charcoal*, com partículas cujo tamanho tem poucos micrômetros e podem ser transportados pelo vento ou água (Clark, 1988; Nichols *et*

*al.*, 2000), ou o carbono elementar (Jones *et al.*, 1991). Entretanto, muitas das evidências de incêndios no registro fóssil vêm de *charcoal* macroscópico.

A distribuição de partículas delicadas de *charcoal* em turfeiras e sedimentos de lagos tem sido largamente utilizada para interpretar a história quaternária e recente de incêndios. É francamente assumido que em sedimentos de lagos o registro de *charcoal* microscópico mostra evidências de focos de incêndio regional, enquanto o registro macroscópico mostra incêndios locais (Clark & Patterson, 1997).

Sedimentos marinhos profundos apresentam pequenas partículas, a maioria das quais foram, provavelmente, trazidas pelo vento de áreas com grandes (Suman *et al.*, 1997). Estas têm sido utilizados para interpretar a história de incêndios regionais.

A maioria dos debates sobre fusênio até a década de 70 focou-se sobre o reconhecimento de carvão fóssil formado pelo fogo natural, mais do que sobre a identificação de plantas ou a ecologia do fogo (Scott, 1989).

Incêndios naturais também podem ser associados ao regime climático. Fosberg *et al.* (1993) assumem que o comportamento dos efeitos do fogo é resultado da estrutura do ecossistema, sua composição (combustível), bem como o clima. Zonas climáticas são fortemente correlatadas aos incêndios naturais e podem ser modeladas para períodos pretéritos (Beerling *et al.*, 1998). Sobre a susceptibilidade à ocorrência de focos de incêndios naturais, temperatura e precipitação também são importantes, pois quanto mais curtos forem os intervalos entre os incêndios, mais intensos esses serão.

O registro geológico introduz uma dimensão de grande escala temporal, tornando possível uma regressão da história dos incêndios naturais. Incêndios naturais são comuns em muitas regiões temperadas e boreais do mundo. Algumas vegetações são mantidas pelo fogo natural desenvolvidas sobre solos pobres. Em geral, o intervalo de retorno de um foco de incêndio natural aumenta quando o clima torna-se mais quente e seco (Martin, 1982). A maioria dos incêndios naturais em regiões tropicais ocorre em áreas de savanas, ou áreas abertas de florestas secas, por onde o fogo se espalha mais rapidamente. Às vezes, a composição química das gramíneas favorece a queima (Bird, 1997; Wooler *et al.*, 2000).

Quando as plantas invadiram os continentes, durante o Siluriano tardio, as primeiras formas devem ter tido sua distribuição restrita, pois uma extensiva colonização de

amplos habitats só aconteceu no Devoniano. A chave para esse evento parece estar ligada à evolução de formas arbóreas, algumas existiram no Devoniano médio, mas somente no Devoniano tardio é que se agruparam como extensas florestas de folhas planares. Os níveis de oxigênio atmosférico são também um fator chave (Cope & Chaloner, 1980). Durante o início do Paleozóico os níveis de oxigênio eram baixos, no Devoniano teriam aumentado a ponto de sustentar incêndios naturais (Berner & Canfield, 1989).

Já no Carbonífero, o qual foi um período com alta concentração de oxigênio na atmosfera, sugere-se que os incêndios naturais tenham sido mais frequentes. Certamente, porque havia mais combustível disponível, tornando possível a alta incidência desse fenômeno em sistemas tropicais. *Charcoal* microscópico tem sido encontrado em preparações palinológicas para mensuramento em sedimentos lacustres (Highton *et al.*, 1991), mas um estudo sistemático deve ser feito para estimar a intensidade do fogo e sua frequência. Drinna *et al.* (1990), Crane & Herendeen (1996) sugerem também uma íntima relação entre as primeiras angiospermas e o fogo.

Muitos pesquisadores julgam que os incêndios naturais foram menos importantes nos ambientes do Terciário porque o nível de oxigênio dessa época é baixo. A maioria dos registros do Terciário vem de depósitos do Paleoceno-Eoceno. Um outro exemplo da Formação Yallourn, do Mioceno precoce de Victoria, Austrália, onde foram encontradas pínulas carbonizadas da pteridófito *Gleichenia*, muito similares às pínulas de *Gleichenia dicarpa*, uma espécie moderna, tolerante ao fogo (Blackburn & Sluiter, 1992; Collinson, 1996).

Atualmente, é conhecido o fato de que o fogo é parte integrante de muitos ecossistemas ao redor do globo. A maioria dos incêndios naturais é iniciada por raios, o combustível pode ser a própria vegetação viva, o folhedo ou as camadas de solo. Fogos internos ao solo queimam a camada orgânica rica, enquanto o fogo superficial queima árvores vivas, e como a maior parte das folhas e o material fino são logo consumidos, a maioria do *charcoal* produzido vem de ramos grandes. As temperaturas, na maioria dos incêndios subterrâneos, ficam entre 300° e 600°C. O incêndio na superfície do solo gera quantidade de carvão que não é movida por correntes convectivas durante o incêndio, mas de outra forma, fornece partículas que são carregadas pelo vento.

No caso do Cerrado brasileiro, áreas onde ocorrem incêndios periódicos tornaram-se campos, sem chance ou tempo para que uma fisionomia arbórea se desenvolva. A proteção de áreas com essa característica tornou possível a observação do que acontece quando o fogo. Neste caso, ocorre um franco aumento no número de mudas e, conseqüentemente, uma maior cobertura arbórea (Henriques, 2005).

## 8. INTERPRETAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS BASEADAS EM PLANTAS

Dentre a biota, as plantas terrestres são os organismos potencialmente mais sensíveis como indicadores paleoclimáticos (Spicer, 1989a). Diferente dos organismos aquáticos, elas estão diretamente expostas à atmosfera e, ao contrário dos animais, não podem modificar o ambiente através de seu comportamento por não serem móveis, portanto, não podem procurar um novo local para se estabelecerem.

As plantas terrestres, mais do que outro indicador, exceto talvez pelos paleosolos e pelas camadas de carvão, são mais sensíveis à evapotranspiração do que à temperatura ou aos gases atmosféricos. Os megafósseis de plantas que podem ser constituídos por estruturas reprodutivas, folhas, sementes, troncos, entre outras partes, fornecem importantes informações sobre o paleoclima, através de informações sobre a sua morfologia, taxonomia e biogeografia, e reconstrução paisagística da vegetação.

A interpretação paleoclimática se vale de métodos aplicáveis, os quais produzem resultados indiretos, relacionando, por exemplo, clima à morfologia foliar de angiospermas. Assim, é prudente não abrir mão dos vários métodos existentes, a fim de uma correta interpretação sobre a que tipo de clima um dado conjunto vegetacional esteve submetido.

As plantas destacam-se como os mais fidedignos indicadores climáticos por serem extremamente sensíveis às variantes ambientais, uma vez que possuem uma morfologia adaptativa e têm sua distribuição condicionada às zonas climáticas as quais, por sua vez, agregam uma vegetação característica a cada tipo climático (Fittipaldi & Roesler, 1987). De fato, essa filosofia baseia-se na premissa de que, atualmente, é possível observar esse princípio na vegetação moderna. Deste modo, é possível extrapolar que as plantas encontradas hoje como fósseis, quando vivas, também estiveram condicionadas pelo ambiente.

Mas, é importante salientar que as condições climáticas também se alternaram e que no passado, lugares com climas quentes, hoje se encontram cobertos de gelo, como é o caso, por exemplo, do continente Antártico que no final do Cretáceo precoce, i.é. há 130 ma, abrigava florestas de angiospermas (Dutra, 2004).

Portanto, as mudanças climáticas podem influenciar a vegetação, causando, pelo menos, três efeitos sobre os elementos de uma população, a saber: *adaptação*, fato que envolve ajustamento às novas condições; *migrações*, as quais ocorrem a medida que o clima predominante de uma região se desloca; *extinção*, resultado esse que atinge os indivíduos inaptos aos dois primeiros efeitos, pois, a nova condição extrapola o limite de tolerância suportado pelas espécies mais sensíveis (Fittipaldi & Roesler, 1987).

No presente trabalho, são levados em conta alguns indicadores paleoclimáticos. Parte das análises está baseada em morfotipos e, embora a ocorrência desses tenda a se repetir, diversos são os táxons que neles se encaixam. Assim, o afloramento Paleolago Cemitério pode ser considerado rico em morfotipos.

Outras correlações entre clima e características morfológicas também podem ser utilizadas, como tamanho foliar e precipitação média anual (Raunkiar, 1934), onde se segue a premissa de que o tamanho da folha decresce ao longo de gradientes ambientais que reflitam uma diminuição de temperatura e/ou precipitação. Porém, como dito anteriormente, todo método paleobotânico não fornece resultados diretos, assim existe um complicador no caso de plantas fósseis, pois durante o processo tafonômico pode ocorrer seleção de tamanhos diferenciados de acordo com o transporte e o potencial de preservação. Portanto, atualmente, já se utilizam outras características consideradas mais robustas na determinação do clima, como o tipo de margem foliar e o tipo de venação (Wolfe, 1979, 1994; Wolfe & Spicer, 1999).

### 8.1 Definição de morfotipos foliares

A identificação de plantas, tanto na botânica como na paleobotânica tem sido baseada nas feições dos órgãos reprodutivos. Porém, embora características de flores e frutos possam ser utilizadas com sucesso, há situações nas quais esses órgãos não estão disponíveis à observação e estudo. Este é o caso das associações de microfósseis, constituídas basicamente por compressões e impressões de folhas fósseis, as quais, geralmente, não são encontradas conectadas a outras partes da planta.

Devido a sua abundância e intensa frequência no registro, folhas fósseis podem revelar grande quantidade de informações sobre a composição e diversidade das paleofloras, desde que seu estado de preservação possibilite o reconhecimento de características morfológicas que revelem as suas afinidades com determinados gêneros e espécies ou, pelo menos, com famílias botânicas.

Botânicos modernos, que lidam com vegetações de regiões tropicais, têm se confrontado com a necessidade de identificar e classificar plantas à partir de caracteres vegetativos, uma vez que flores ou órgãos reprodutivos em plantas tropicais são inconstantes, bastante efêmeras e dependem da estação do ano para aparecer. Nomes de gêneros atuais são largamente utilizados para denominar folhas fósseis devido às similaridades entre estes e os representantes atuais, mas, nem sempre é possível relacionar tais órgãos a um determinado gênero (Wing *et al.*, 1999).

O propósito de qualquer terminologia para qualificar a forma foliar é permitir uma descrição objetiva, bem como a comparação entre os diferentes tipos de folhas. Tais terminologias adotadas por Dilcher (1974) são largamente utilizadas entre botânicos e paleobotânicos, e embora seja verdadeiro que os métodos quantitativos para a descrição foliar são mais objetivos do que os qualitativos é imprescindível, primeiramente, qualificar, isto é, enquadrar o espécime de acordo com os seus caracteres morfológicos.

Em Paleobotânica, esse enquadramento taxonômico pode ocorrer através de morfotipos, os quais pertencem a uma categoria taxonômica informal e independente do Sistema Nomenclatural de Linnaeu. Em se tratando de táxons terciários e quaternários, a maioria dos morfotipos foliares é, provavelmente, equivalente às espécies biológicas modernas. Porém, morfotipos são descritos pela sua forma e não devem ser considerados

como espécies necessariamente equivalentes. Ainda no caso dos fitofósseis, algumas plantas produzem múltiplos tipos de folhas e se essas forem encontradas isoladas dos ramos, como normalmente ocorre, acabam por ser classificadas como diferentes morfoespécies ou morfotipos. Esses podem somente ser relacionados entre si se dividirem padrões morfológicos e anatômicos com os seus relativos atuais.

Em alguns casos, esses diferentes morfotipos podem representar mais de uma espécie ou gênero botânico. Se ao contrário, um fóssil mostrar uma série gradacional com morfologia intermediária entre dois morfotipos conhecidos, estes devem ser incluídos num mesmo morfotipo. Devido ao fato de morfotipos representarem diferentes níveis taxonômicos com diferente significância biológica, eles não devem ser utilizados indiscriminadamente, ou seja, sem um parâmetro crítico, como um acesso à diversidade e composição florística ou ao paleoclima do passado.

Assim, é prudente utilizar análises adicionais para fins de comparação com relativos atuais, com intuito de obter um perfeito reconhecimento do real nível taxonômico representado por um dado morfotipo e ou morfotipos que devem representar a mesma “entidade” biológica. Mantendo-se isso em mente, morfotipos podem ser formalmente descritos, classificados e utilizados em bioestratigrafia, paleoclima ou qualquer outra forma de análise (Wing *et al.*, 1999).

## **8.2 Morfologia Foliar e Clima**

Devido a sua plasticidade e rápida resposta, as folhas são excelentes indicadores das condições existentes no meio ambiente onde vivem as plantas (Spicer & Greer, 1986; Spicer & Wolfe, 1987).

O clima do passado pode ser determinado através dos intervalos geológicos pelo estudo da morfologia e dos padrões de distribuição das folhas fósseis, uma vez que possibilita o entendimento de um espectro paleoclimático entre os organismos e os indicadores geológicos de clima, como os carvões, os quais fornecem informações aproximadas sobre as taxas de precipitação e evaporação do ambiente.

Há pelo menos três razões principais para acreditar na validade do dado paleobotânico. Primeira, os padrões de distribuição da vegetação moderna mostram uma forte relação com o clima, especialmente pela temperatura e precipitação e o modo como



esses parâmetros estão distribuídos através do ciclo anual (e.g. Walter, 1985; Prentice *et al.*, 1992; Neilson, 1995). Segunda, as folhas são as partes da planta com interação direta com a atmosfera, e sua morfologia está freqüentemente adaptando-se, refletindo as condições ambientais. E terceira, estas relações parecem estar constantemente presentes desde o estabelecimento das plantas vasculares terrestres (e.g. Meyen, 1973). As folhas de gêneros e espécies fósseis são tipicamente delimitadas sobre caracteres como tamanho e lâmina foliar, os quais não definem, necessariamente, um táxon natural. Portanto, no estudo taxonômico de folhas fósseis para o entendimento dos aspectos evolutivos, deve-se aceitar que a morfologia foliar representa uma adaptação ambiental.

A relação entre fisionomia e clima é, normalmente, aplicada às angiospermas, das quais as estimativas sobre o clima têm-se derivado (e.g. Bailey & Sinnott, 1915; Wolfe, 1993). Entretanto, as demais plantas também exibem um padrão de distribuição fortemente relacionado à taxa de evaporação/transpiração ou temperatura e estação de crescimento, relação esta que, freqüentemente, reflete-se na fisionomia foliar.

É necessário confrontar as rudimentares ou até mesmo ausentes folhas de plantas de deserto com as gigantes folhas de plantas existentes em florestas tropicais, em busca de que respostas adaptativas ao ambiente, as quais podem estar expressas na morfologia das folhas.

As plantas continentais têm um limitado número de estratégias pelas quais podem sobreviver em condições iniciais, limitadas pela sua morfologia básica, fisiologia e reprodução, e isto significa que o mesmo tipo de adaptação deve aparecer em diferentes táxons distancialmente relatados. Se as mesmas características morfológicas são vistas em dois ou mais táxons não intimamente relacionados, estas, provavelmente, são ambientalmente e não geneticamente controladas.

Alguns limites devem ser considerados quanto ao estudo de floras. Folhas de angiospermas fósseis, por exemplo, têm sido muito utilizadas para estudo do paleoclima, mas a aplicação de alguns métodos de análise só é possível para floras existentes à partir do Cenomaniano (início do Cretáceo Tardio), devido às rápidas mudanças morfológicas que ocorreram durante os estágios iniciais da evolução das angiospermas e aos tipos pouco relacionados aos dos representantes atuais, muitas vezes, considerados intermediários. Também o fato de que folhas de plantas herbáceas são raramente preservadas, ao contrário

de folhas de plantas lenhosas, i.é arbustos ou árvores, limita a reconstrução de paleopaisagens.

Quanto à morfologia, folhas de ambientes úmidos tendem a ser alongadas e têm seus ápices em forma de calhas para o gotejamento, os quais formam um funil por onde escorre a água, enquanto as de ambientes secos ou frios mostram-se, em geral, pequenas e denteadas. O padrão de venação também ajuda a distinguir tipos foliares pertencentes a plantas que vivem em ambientes quentes e úmidos, as quais tendem a ter tamanho grande e margens inteiras, enquanto as veias maiores estendem-se da veia média até a borda da folha ou ocorrem em laço e por dentro das margens.

Em geral, são quatro os caracteres mais foliares mais trabalhados em análises paleoclimatológicas: margem, comprimento, nervação e ápice. A interpretação fica então associada à forma, dessa maneira temos, por exemplo, a indicação de que folhas grandes, com margem inteira e nervação primária pinada são próprias de plantas que ocorrem, mais freqüentemente, em planícies dos trópicos do que em regiões temperadas. Assim como folhas com limbo com muitas nervuras, retículo fechado, com muitas aréolas, e com ápices acuminados tendem a ocorrer em floras tropicais baixas e úmidas (Duarte, 1975).

### **8.3 Metodologias aplicadas em Paleobotânica**

Sinnot & Bailey (1915) foram os primeiros a perceber que a proporção de folhas modernas com margem denteada e não denteada estava relacionada com a temperatura média anual (MAT – Main Annual Temperature). Em 1979, Wolfe publica dados que quantificam esta relação e estabelece limites climáticos para diferentes tipos de florestas. Mais tarde, Wolfe (1995) concluiu também que entre os parâmetros indicados pela morfologia foliar, o mais importante foi MAT, seguido pela temperatura do mês mais frio (CMM – Colder Main Mounth) e pela extensão da estação de crescimento, sendo que o resultado sobre precipitação foi muito menos óbvio. O autor concluiu também que o percentual de folhas sem dentes está relacionado à temperatura anual, especialmente, se as amostras são divididas entre aquelas de clima seco e de clima úmido.

Em geral, as estimativas sobre a precipitação anual (MAP – Main Annual Precipitation) são relativamente pobres, e a maior dispersão está em clima frio (Wolfe,

1993), onde a estação de crescimento é curta. A precipitação fora da estação de crescimento é irrelevante para as plantas, tanto que a correlação deve ser esperada como fraca nestes climas.

Entretanto, Wolfe (1993) examinou a possibilidade de estimar a principal precipitação durante a estação de crescimento (MGPS – Main Grown Precipitation Season), a qual foi definida como o número de meses onde a temperatura principal está acima de 10°C, e escolhida pela fronteira entre vegetação com árvores, no caso as florestas, e a vegetação sem árvores, em regiões frias onde a temperatura principal é em torno de 10°C.

Embora MGPS seja mais facilmente estimada do que MAP, ainda há algumas complexidades, como no caso de climas quentes, onde MGPS funciona bem quando há chuvas acima de 145 mm, total requerido de precipitação para dominar o estresse hídrico, sendo que uma precipitação adicional não fará diferença. Já em clima frio, as plantas não exibem uma resposta marcante à variação do MGPS.

Wolfe (1993) sugeriu que a temperatura da estação de crescimento fria era compensada pela baixa precipitação em algumas localidades e identificou a proporção de espécies ripárias na amostra como as maiores fontes de erros, particularmente, em regiões onde a seca sazonal ocorre durante o verão. Não há diferença significativa entre uma amostra com 20 espécies foliares e uma com 100 quando são acurados parâmetros climáticos. Recomenda-se um mínimo de 20 para parâmetros climáticos e de 20 para os pluviométricos, pois, abaixo de 20 espécies, as estimativas se perdem e podem ser consideradas muito imprecisas.

Há um outro fator influenciando as estimativas, principalmente, entre aquelas fortemente dependentes do tamanho foliar em regime de luz. Floras de altas altitudes tendem a ter uma grande proporção de espécies com variável tamanho foliar, tendendo a alcançar grandes tamanhos, o que se confirma para o Terciário tardio (Wolfe, 1979).

São várias as fontes de erros quando são analisadas folhas fósseis, como as variáveis de sistemática, controle filogenético sobre a morfologia e a possibilidade de que uma variabilidade intraespecífica, que jamais venha a ser reconhecida, afete a amostragem. Portanto, um paleobotânico deve sempre se cercar das informações contidas também no registro geológico, a fim de confirmar as relações entre flora e ambiente ou clima.

Análises similares às de Wolfe foram também desenvolvidas por Gregory & McIntosh (1996) e Wing & Greenwood (1993).

A seguir são destacados os principais métodos atualmente aplicados na reconstrução do paleoclima que se baseiam na análise de folhas fósseis.

### 8.3.1 Programa de Análise Foliar do Clima (*Climate Leaf Analysis Program – CLAMP*)

Esse método foi criado por Wolfe (1990, 1993) e utiliza a relação dos tipos de folhas de angiospermas com o clima e a análise de correspondência entre a localidade paleoflorística, combinada com dados litológicos. O objetivo do método é reconstruir o paleoclima regional à partir, principalmente, da morfologia foliar.

Os dados do CLAMP acompanham dados meteorológicos e são ordenados dentro de dois eixos, usando análise de correspondência (Hill, 1974). A análise foliar feita por Wolfe (1979) a qual proporcionou a base de dados do CLAMP, foi baseada em centenas de milhares de espécimes amostrados e incluiu coletas em vegetações submetidas a diferentes climas.

Para as angiospermas foram selecionadas 170 amostras de variados ambientes, 31 caracteres, sete categorias de margens, nove categorias para tamanho foliar, quatro categorias para ápice, três categorias para base, cinco categorias para comprimento (proporcional à largura) e três categorias para lâmina foliar. Atualmente, as estimativas quantitativas de clima, para as floras fósseis, são derivadas da contagem de 29 caracteres para cada morfoespécie de folha na flora, ordenando o vetor resultante para obter dois eixos escolhidos para amostras fósseis e seguindo um procedimento gráfico para correlatar esses pontos a ajustes polinomiais de conjuntos de dados para cada variável climática (ver Wolfe, 1993).

Algumas relações implicam em que os caracteres fisionômicos das folhas são controlados diretamente pelo ambiente, como comprovaram alguns autores (Givnish & Vermej, 1976; Givnish, 1979 e 1986; Parkhurst & Laoucks, 1972).

O CLAMP estabelece uma relação aproximada entre as margens foliares de dicotiledôneas e pelo menos um fator climático – temperatura, embora outras características foliares também podem ser correlacionadas com outras variáveis climáticas, como sugerem Parkhurst & Laoucks (1972) ao citarem que o tamanho da folha está relacionado à

precipitação ou à disponibilidade hídrica. Na realidade, a morfologia foliar representa uma solução para restrições conflitantes, onde o tamanho é desenvolvido pela necessidade de interceptar luz, enquanto tenta minimizar a perda de água.

Wolfe (1990, 1993), inicialmente, usou análise de correspondência, onde o gradiente ambiental não é objetivamente relatado às distribuições biológicas incluídas nas amostras. Entretanto, com uma análise canônica de correspondência (CCA), o estudo direcionalmente relata dados ambientais suplementares para as amostras e seus constituintes (Braak, 1986). O CLAMP trabalha com grupos de dados de categorias fechadas, onde, por exemplo, se a porcentagem de lâminas obovadas aumentar, a porcentagem combinada de lâmina elíptica e ovalada tende a decrescer em categorias de covariância. Covariância e colinearidade são inevitáveis em dados climáticos, em particular dentre aqueles relatados para fisionomia foliar.

O CLAMP foi desenvolvido, primariamente, para a produção de repetição de padrões meteorológicos estimados de temperatura e precipitação para associações de folhas fósseis, mas sua aplicação para uma variedade de floras do Terciário do oeste da América do Norte produziu resultados consistentes, ao estimar que as mudanças do clima estavam relacionadas a mudanças no nível do mar. O CLAMP pode, também, ser usado para problemas geológicos que relatem mudanças de altitude, porque a temperatura, geralmente, decresce desde o nível do mar até as grandes elevações.

Segundo Meyer (1992), a taxa de decréscimo pode variar grandemente, mesmo dentro de uma mesma região geográfica. Então, complementando com o trabalho de Wolfe (1994a) uma flora fóssil de ambiente ao nível do mar, i.e., da costa litorânea, pode atingir até 20°C no seu interior, enquanto uma flora isocrônica ao apresentar 10°C, pode estar indicando uma diferença de elevação de, talvez, 1 a 5 Km.

### 8.3.2 *Análise de Margem Foliar (Leaf Margin Analysis – LMA)*

Para Wilf (1997), as margens foliares de angiospermas são boas fontes de informação sobre o clima do passado. No continente, as características morfológicas de associações fósseis, em particular angiospermas, apresentam resultados comparáveis ao registro marinho, datado do início do Cretáceo. Apesar das relações entre folha e clima terem mudado através do tempo, aliando-se os resultados aos registros marinhos, obtém-se

detalhados dados sobre, aproximadamente, os últimos 100 milhões de anos, através de médias apresentadas pelos isótopos estáveis. O objetivo do método é estimar a paleotemperatura à partir da frequência dos tipos de margem foliar em floras fósseis e, para isso, aplica-se o modelo de regressão múltipla para correlacionar, através dos cálculos obtidos em programa de computador, a paleotemperatura e a margem foliar de plantas fósseis.

Após alguns trabalhos iniciais em paleoclima (Bailey & Sinnott, 1915, 1916; Berry, 1916; Chaney & Sanborn, 1933; Wolfe & Hopkins, 1967; Wolfe, 1971, 1978), Wolfe (1979) publicou um estudo sobre regressão linear e temperatura *versus* a porcentagem de espécies de dicotiledôneas lenhosas com folhas de margens inteiras, provenientes de florestas do leste da Ásia.

Paleotemperaturas estimadas através do LMA têm demonstrado, em geral, concordância com os dados geológicos marinhos (Wolfe & Poore, 1982; Parrisch & Spicer, 1988; Johnson & Hickey, 1990; Stott & Kennett, 1990; Huber & Watkins, 1992; Johnson & Wilf, 1996), bem como com a diversidade de répteis e as taxas de isótopos estáveis de oxigênio das incrustações de hematitas, encontradas em ossos de mamíferos fósseis (Koch *et al.*, 1996).

A relação clima *versus* morfologia foliar já havia sido percebida por Bailey & Sinnott (1915, 1916) ao concluírem que as espécies denteadas são, em geral, incomuns em lugares secos, salinos, áridos ou ambientes com níveis de umidade limitados. Givnish (1979) propôs que margens não denteadas estão correlatadas às folhas grossas e à temperatura, devido ao decréscimo da resistência de escoamento nessas folhas, o que permite um plano maior entre as veias secundárias, resultando em uma margem inteira. Ao que indicam alguns autores, os dentes foliares estão fortemente associados ao movimento de água, pelo lado externo da folha, via transpiração e gutação (Haberlandt, 1914; Sinnott, 1916; Canny 1990; Wilson *et al.*, 1991 e Wolfe, 1993). Wolfe (1993), por exemplo, sugere que uma das funções dos dentes, em clima frios, é auxiliar no escoamento da seiva.

Os dentes foliares, tipicamente, têm largas veias correndo em direção aos seus ápices e frequentemente contêm conspícuos poros abertos, ou hidatódios (Haberlandt, 1914; Bailey & Sinnott, 1916; Canny, 1990), como pontas projetadas das margens da folha com veias correndo para o fim dessas, sendo pontos preferenciais para a transpiração.

Roth *et al.* (1995), em um estudo sobre um modelo hidrodinâmico, sugerem que alguns dentes são bprodutos de expansões diferenciadas, próximas de veias mais largas, que correm em direção à margem, enquanto que Mosbrugger & Roth (1996) defendem que esta estratégia de crescimento pode ser utilizada devido à frequente regeneração foliar, própria de plantas decíduas.

A teoria mais substanciada liga umidade ao tamanho foliar (Webb, 1968; Givnish, 1979) e à presença de pontas de gotejamento nos ápices foliares alongados que controlam a taxa de liberação de água (Dean & Smith, 1978; Richards, 1996).

Uma ponta de gotejamento relativamente longa e estreita é própria para o escoamento de água como um “conta-gotas”, largo o bastante para quebrar a tensão superficial sobre essa estreita área. Segundo Givnish (1979), espinhos não são considerados dentes por não serem extensões vascularizadas da folha, têm a provável função de defesa e não estão, necessariamente, relacionados ao clima.

Segundo Wilf (1997) a metodologia do CLAMP é complexa ao passo que necessita de muitos caracteres para as análises. Ao que tudo indica, o LMA consegue os mesmos resultados utilizando menos variáveis, sendo assim mais produtor que o primeiro método. Deste modo, segundo aquele autor, a utilização do LMA pode substituir o CLAMP, fornecendo resultados igualmente robustos e precisos.

### 8.3.3 Método de Coexistência (*Coexistence Approach - CA*)

Método de reconstrução quantitativa do paleoclima terrestre, baseado na premissa de que os táxons de plantas do Terciário, período no qual já foi aplicado, têm requerimentos climáticos similares aos de seus relativos modernos. O objetivo do método é encontrar para uma dada flora fóssil e um dado parâmetro climático o intervalo climático no qual todos os táxons atuais, assinalando como constituintes dessa paleoflora, possam também coexistir (Figura 4).

Para tanto, foi desenvolvido um algoritmo para análise, o CLIMST uma base de dados, o CLIMBOT, que contém mais de 800 táxons do Terciário e seus parentes atuais, incluindo evidências de grãos de pólen, esporos, frutas, sementes, folhas e madeira, além de seus requerimentos climáticos. Para todos os tipos de flora fóssil esse método permite uma rápida reconstrução quantitativa de 10 diferentes padrões climáticos, tais como:

temperatura média anual, temperatura do mês mais quente, temperatura do mês mais frio, precipitação média anual, precipitação máxima do mês mais chuvoso, precipitação mínima do mês mais quente, precipitação do mês mais quente, precipitação do mês mais frio, potencial de evaporação, taxa de precipitação média anual sobre o potencial de evaporação.

Normalmente, neste tipo de trabalho não se leva em conta a abundância relativa do fóssil, apenas sua presença, mas esse dado pode conter informações climáticas adicionais. Entretanto, isso sofre interferência do fator taxonômico, pois a abundância relativa de um táxon de uma dada flora fóssil não é controlada somente pela situação paleoclimática e pela composição do ecossistema inicial, mas também pelas inúmeras tendências dos processos tafonômicos.

Como exemplo, cita-se uma floresta mesofítica na qual está representada no registro fóssil por diferentes tipos de restos vegetais (frutas, sementes, grãos de pólen, esporos e folhas), preservados em vários tipos de ambientes sedimentares (ex.: planície de inundação, fundo de lagos).

Todos esses micros e microfósseis encontrados representam a mesma floresta mesofítica, mas podem diferir, consideravelmente, com respeito a uma dada espécie fóssil, como no caso das coníferas que são comuns na maioria das palinofloras Terciárias, mas raras no registro de megafósseis em florestas latifoliadas.

Desta forma, ainda não se tentou utilizar a abundância relativa de táxons fósseis para estimar o paleoclima. O processo tafonômico também influencia na composição taxonômica de um fóssil (presença/ausência), mas, não afeta a aplicabilidade do CA, já que a flora fóssil é derivada de um único ecossistema, uma vez que essa metodologia não requer que todos os taxa sejam reconhecidos. Teoricamente, ela funcionará em floras fósseis com uma precisão maior quando um número maior de táxons é considerado.

Então, o problema é determinar os requerimentos climáticos ou a tolerância das plantas representativas/relativas atuais, sendo que a solução parte da premissa da aceitação de que a distribuição da área, de uma dada planta moderna, reflete sua tolerância climática.

De fato, os estudos sobre a distribuição biogeográfica têm demonstrado que em muitos casos as fronteiras de distribuição de plantas correlacionam bem com linhas



limítrofes dos parâmetros climáticos. A explicação parte do princípio que a planta fóssil requeira o mesmo que o seu relativo atual, dentro de uma área com mínimos e máximos de tolerância similares à variação climática encontrada. Primeiro, determina-se a área de distribuição do correspondente atual relativo ao táxon fóssil, considerando-se também a variação altitudinal. Um problema básico relatado pelos autores é a falta de conhecimento detalhado sobre a área de distribuição de plantas modernas, o qual existe apenas para Europa e América do Norte (Mosbrugger & Utescher, 1997).

Em nível taxonômico um dado fóssil deve ser determinado como gênero ou espécie. Seu correspondente moderno será extraído da base de dados do CLIMBOT, bem como sua tolerância climática com respeito a um determinado parâmetro climático previamente escolhido.

O programa determina o intervalo de coexistência para o parâmetro climático e calcula várias estatísticas adicionais, como média, mediana e desvio padrão para cada um dos 10 parâmetros possíveis. Este procedimento pode ser analisado separadamente pelo programa para cada um dos parâmetros (Mosbrugger & Utescher, 1997).

Quando aplicado às floras modernas, este algoritmo deve apresentar intervalos climáticos nos quais 100% dos táxons possam coexistir, valores de coexistência abaixo de 100% indicam que para algum táxon a tolerância climática não está corretamente identificada.

Essa correlação quase sempre fecha em 100% para as floras modernas, para as fósseis, entretanto, na maioria dos casos não há intervalo climático no qual todos os relativos atuais dos táxons fósseis possam coexistir (Figura 5).

Esta aparente inconsistência climática pode ter algumas fontes de erro como: a tolerância climática, definida na base de dados, pode estar errada ou inadequada para os relativos modernos em algum dos parâmetros climáticos; alguns dos táxons fósseis podem ter tolerância climática diferente de seus relativos modernos; os dados climáticos sobre os relativos atuais podem estar errados; ou o fóssil pode ter sido erroneamente identificado (Mosbrugger & Utescher, 1995 e 1997; Uhl *et al.*, 2003).

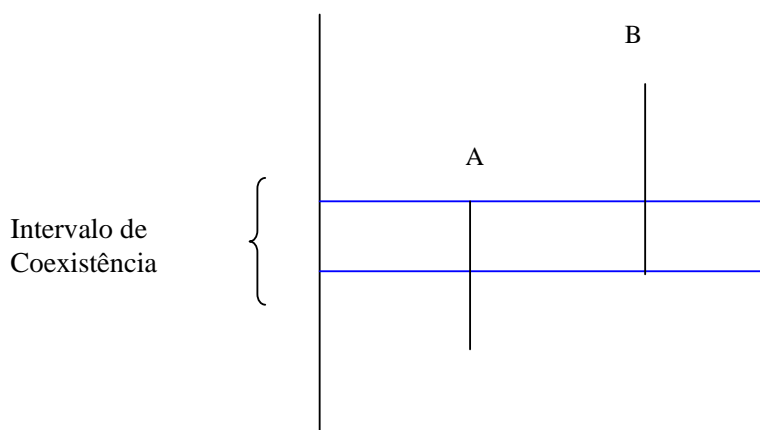


Figura 5. Esquema de Intervalo de coexistência entre a taoflora A e a flora moderna B, adaptado de Mosbrugger & Utescher, 1996.

As metodologias aqui citadas trabalham com uma idéia que não nova, mas poucos são os táxons de floras fósseis que têm sido utilizados como indicadores climáticos. Todas as técnicas que envolvem esse tipo de análise, isto é, clima *versus* feição foliar, seguem o que se chama de “clássica versão da filosofia do representante ou relativo moderno”, uma vez que comparam os morfomodelos fósseis aos atuais.

Por exemplo, o aparecimento/desaparecimento de um único táxon ou indicadores climáticos em um perfil pode não ser devido a mudanças climáticas, mas, a mudanças tafonômicas, edáficas, paleogeográficas ou mesmo a vários outros fatores.

Em geral, nos casos onde o CLAMP foi aplicado os resultados diferiram nos dados absolutos em relação ao CA, apresentando 5°C abaixo das temperaturas sugeridas pelos resultados do CA. Mas, existe um fator limitante no CA, relativo à determinação taxonômica do material.

Quando a identificação do relativo atual ocorre apenas em nível de família, ele fornece uma resolução relativamente pobre, causando decréscimo na resolução climática. Então, um máximo de cuidado na taxonomia é exigido.

## 9. MATERIAL E MÉTODOS

### 9.1 Área de estudo

O complexo ultramáfico-alcalino-carbonatítico de Catalão I está localizado na sudeste do Estado de Goiás, a 15km a nordeste da cidade de Catalão, Goiás, a 280 km ao sul de Brasília, nas coordenadas 18°08' de latitude sul e 47°48' de longitude oeste.

O afloramento Paleolago Cemitério, localizado na mina de fosfato da “Mineradora Fósfétil”, representa depósitos originados pelo preenchimento de uma depressão na parte central do Complexo Carbonatítico de Catalão I, compostos de sedimentos lacustres compostos por diatomitos, argilitos e espongilito, sendo que os restos de megafósseis ocorrem apenas em diatomitos.

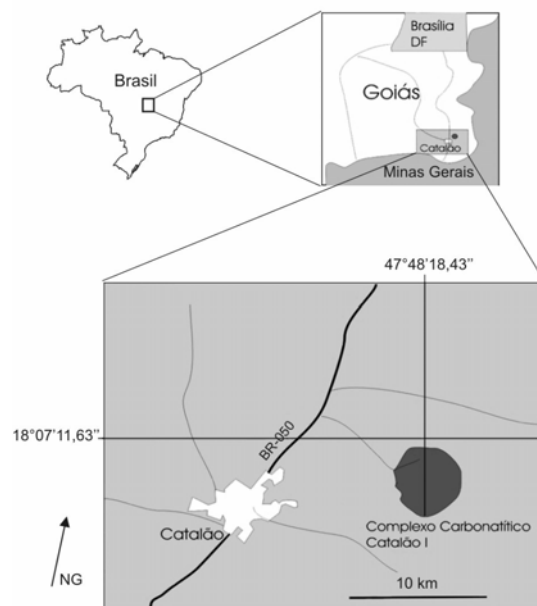


Figura 6. Mapa de localização da área do Afloramento Paleolago Cemitério.

### 9.2 Níveis Fossilíferos

O afloramento Paleolago do Cemitério compreende uma grande exposição contínua e praticamente completa do depósito lacustre pretérito de cerca de 300m de largura máxima por 30m de espessura (Figura 7). A fim de realizar uma descrição mais precisa do afloramento, foram levantadas três seções em três pontos distintos da exposição, uma junto à margem esquerda do antigo lago, a Seção 3, uma aproximadamente no centro, correspondente à Seção 1, e outra junto à margem direita, relativo à Seção 2.

O perfil estratigráfico da Seção 1 é o mais completo e representam a sucessão de litologias encontradas no depósito do Paleolago do Cemitério que pode ser assim sumarizada: a porção basal é composta por ortoconglomerados métricos, de cor cinza a marrom escuro, que possuem clastos milimétricos a centimétricos, angulosos e irregulares inseridos em matriz siltica-argilosa; a seguir passa a ocorrerem camadas centimétricas de ortoconglomerados semelhantes aos da base intercalados a argilitos e diatomitos laminados, também centimétricos, acinzentados a marrons, rico em restos vegetais identificáveis; acima destas intercalações surge o mais espesso diatomito da seção que apresenta laminação plano paralela bem desenvolvida, com alternância rítmica de camadas centimétricas de cores marrom clara e escura, com presença de cristais de vivianita e grande quantidade de restos vegetais identificáveis que aumentam sua frequência em direção a metade superior, no topo do diatomito há intercalações com camadas de ortoconglomerados quase métricos, similares aos descritos para base da seção, porém com presença de raízes fossilizadas no topo (= paleosolos), e de dois finos argilitos negros; a partir deste diatomito espesso ocorre uma sucessão de camadas centimétricas a métricas de diatomitos, argilitos e espongilos, por vezes, ricos em matéria orgânica e com umas poucas lentes areníticas inseridas em níveis específicos; em direção ao final da seção há finas camadas de ortoconglomerados e arenitos finos que apresentam evidências de raízes pretéritas (= paleosolos) (Figura 7).

Ao longo do levantamento e descrição das seções, detectaram-se apenas duas camadas fitofossilíferas no afloramento, denominadas aqui de NF1 e NF2, as quais se restringem a porção basal da exposição (Figura 7). A camada NF1 encontra-se exposta somente na Seção 2, enquanto a NF2 estende-se pelas 3 seções. No entanto, NF2 apresenta raríssimos restos vegetais preservados nos níveis que afloram na Seção 3 e, por isso, o registro desta seção foi descartado do presente estudo. Portanto, são apresentadas aqui apenas as exposições relativas às Seções 1 e 2 (Figura 7).

A camada fitofossilífera NF1, a mais antiga, corresponde a diatomitos argilosos e argilitos centimétricos, laminados, marrons a cinza-esverdeados onde ocorrem restos vegetais preservados, principalmente, na forma de mumificações, mas também como carbonizações e impressões (Figura 7). A camada fitofossilífera NF2, a mais recente, corresponde basicamente ao intervalo que ocorre na porção superior do diatomito mais espesso da seção, de onde provém a maior parte do material coletado que se encontra preservado, também, como mumificações, carbonizações e impressões (Figura 7). A camada NF2 é considerada a mais rica em fósseis vegetais.

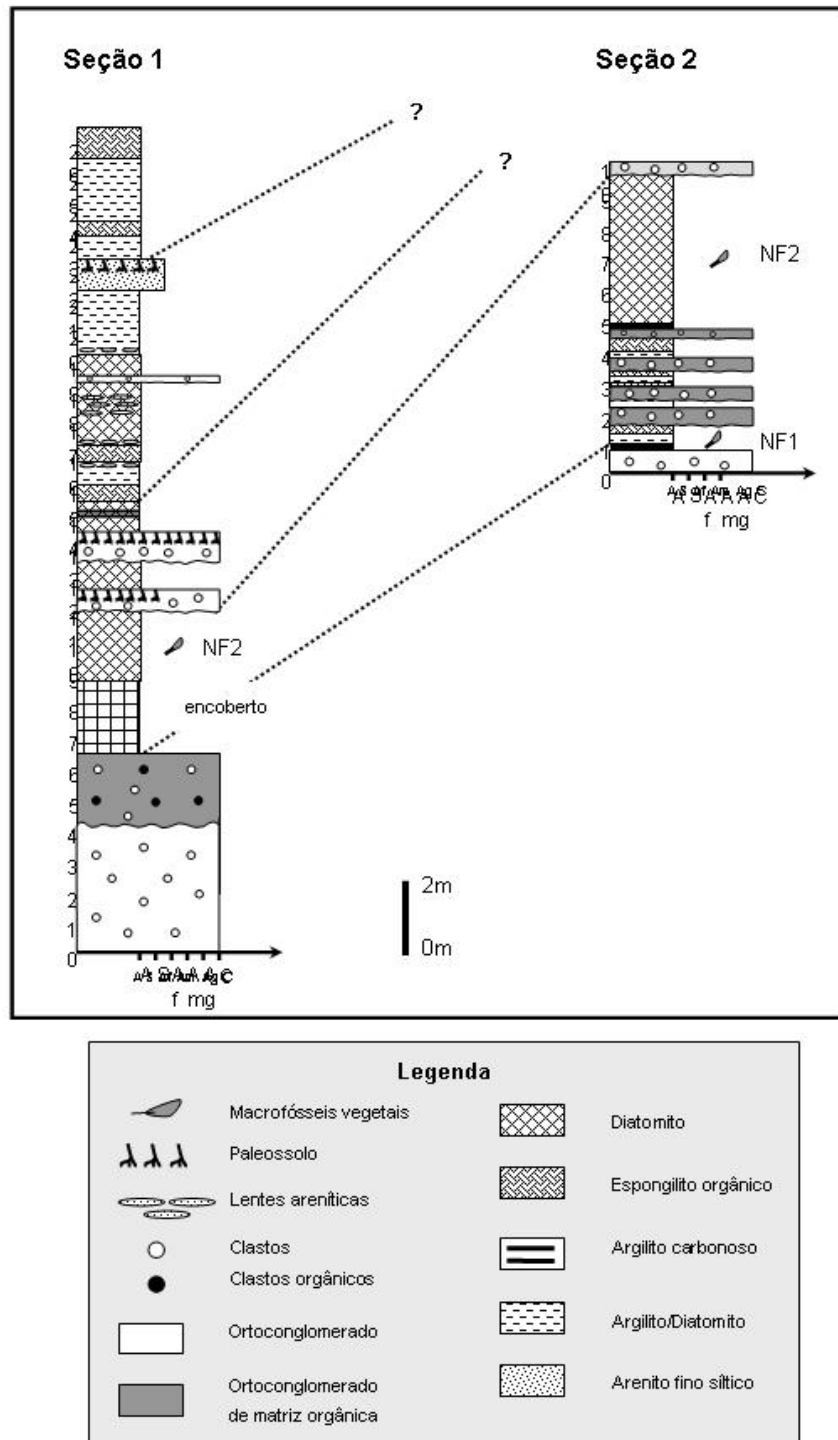


Figura 7: Perfil estratigráfico do Afloramento Paleolago Cemitério, mostrando a correlação entre as seções 1 e 2 e a ocorrência e posicionamento dos níveis fitofossilíferos NF1 e NF2.

### 9.3 Datação

O processo de datação de fósseis envolve métodos baseados no estudo de alterações químicas e físicas sofridas pelos sedimentos, as quais ocorrem lentamente ao longo do tempo. Neste trabalho a datação dos sedimentos foi realizada através de duas técnicas.

Uma das técnicas utilizadas foi a de Termoluminescência (TL), a qual foi implantado no Brasil na década de 60 por Shigeo Watanabe (USP - Instituto de Física) para trabalhos em datação de objetos arqueológicos. Essa técnica serve para datar objetos com mais de 50 mil até 1 milhão de anos, pois detecta as pequenas diferenças causadas pela radiação de qualquer natureza, existentes no fóssil. Quando a radiação reage com a amostra, elétrons são liberados das suas moléculas, sendo alguns aprisionados de forma a não retornarem à elas, deixando-as ionizadas, isto é, eletricamente carregadas. Para a análise a amostra deve ser aquecida até 400°C, pois somente dessa maneira é possível libertar elétrons presos em outras partes da amostra e permitir que esses se encaixem em suas moléculas de origem, num processo de recombinação, o qual emite energia luminosa. Assim, a intensidade da termoluminescência emitida durante essa recombinação, indica o tempo transcorrido desde a última vez que a amostra foi aquecida ([www.comciencia.br/reportagens/arqueologia/2007](http://www.comciencia.br/reportagens/arqueologia/2007)).

A outra técnica utilizada foi a de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), a qual também provoca a liberação dos elétrons, mas é menos destrutiva, pois utiliza-se da emissão de luz para obter a recombinação dos elétrons e seus pontos de origem ([www.comciencia.br/reportagens/arqueologia/2007](http://www.comciencia.br/reportagens/arqueologia/2007)).

Os equipamentos utilizados foram TL/OSL Automated Systems, Model 1100-series Daybreak Nuclear Instruments Inc. e Canberra Inspector Portable Spectroscopy Workstation (NAI – TI).

### 9.4 Material

O afloramento Paleolago Cemitério possui depósitos originados pelo preenchimento de uma depressão onde sedimentos lacustres compostos por diatomitos, argilitos e esponjilitos, assentados discordantemente sobre um domo de rochas magmáticas carbonatíticas do Cretáceo Superior.

O ambiente deposicional era um antigo lago no qual vivia uma comunidade microscópica constituída por algas diatomáceas e esponjas dulciaquícolas, cujo conteúdo micropaleontológico indica ambientes lênticos de águas rasas. Destes microfósseis são provenientes os materiais acumulados, como frústulas e espículas que formaram diatomitos espessos, nos quais abundam fragmentos de microfósseis de frondes, folhas e frutos, os quais

caracterizam uma paleoflora local. Essa paleoflora circundante ao corpo d'água, existiu em uma região hoje ocupada pelo Cerrado, no Centro-oeste do Brasil, durante o Pleistoceno tardio. São restos de vegetais como folhas, frutos e sementes, preservados na forma de impressões, compressões e adpressões, os quais indicam associações fossilíferas compostas por dicotiledôneas, fungos, algas e pteridófitas. A análise dessa paleoflora visa a reconstrução das paleocomunidades, a determinação das condições paleoambientais e paleoclimáticas vigentes na região Centro-oeste para aquela época, bem como o entendimento da origem e/ou evolução do Bioma Cerrado.

A coleção está constituída num total de, aproximadamente, de 1.129 espécimes, dos quais, metade está lotada na Universidade de Brasília (UnB) e metade na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

### 9.5. Metodologias

Foram várias as metodologias desenvolvidas neste trabalho, as quais, quando integradas fornecem respostas mais robustas sobre o paleoambiente e paleoclima atuantes durante a época de formação dos depósitos do Paleolago Cemitério. Apesar de o CLAMP ter sido incluído na proposta inicial da tese, esta metodologia foi descartada ao longo do desenvolvimento do trabalho tendo em vista: (a) ser um método relativamente complexo que depende da orientação de um usuário do programa para sua utilização; (b) o programa não é de acesso universal, portanto, não se encontra facilmente disponibilizado; (c) conforme os estudos de Wilf (1997) os resultados obtidos no CLAMP são equivalentes aos obtidos através do LMA, pois o principal parâmetro morfológico que norteia o CLAMP é o mesmo usado no LMA, ou seja, o tipo de margem foliar.

Para tanto, alguns passos foram seqüencialmente desenvolvidos, tais como:

- Elaboração de guia-prático de identificação de morfotipos básicos em campo, tendo com base os trabalhos de Dilcher (1974), Wing *et al.* (1999) e Garay & Rizzini (2004), Tryon & Tryon (1982), Cardoso & Sajo (2004), Gomes *et al.* (2004), Sano & Almeida (1998) Duarte (1987) Fontenelle *at al.* (1994), Gomes *et al.* (2004), Handro (1964), Silva-Junior *et al.* (2005), Duarte & Filha (1980), Duarte & Vasconcelos (1980), Tryon & Tryon (1982), Kvacek *et al.* (2004), Hantke (1954);

- Análise e identificação dos morfotipos do material paleobotânico coletado, utilizando-se de técnicas básicas para preparação de material macroscópico (Fairon-Demaret *et al.*, 1999), da literatura pertinente e de material de comparação disponível no herbário do IB-UnB;



- Análise e identificação da matéria orgânica preservada nos espécimes fósseis, utilizando-se de técnicas de microscopia óptica de fluorescência, conforme método estabelecido por Ligouis & Doubinger (1991).

- Reconstrução das paleocomunidades vegetais locais à partir da análise de parâmetros ecológicos (auto e sinecológicos), seguindo a metodologia proposta por Behrensmeyer *et al.* (1992);

- Reconstrução do paleoambiente deposicional à partir da integração dos dados tafonômicos obtidos, conforme metodologia estabelecida por Scott & Collinson (1983), Gastaldo (1988), Gastaldo *et al.* (1995) e Burnham (1989);

- Reconstrução das variações nas condições paleoclimáticas ao longo das seções estudadas empregando-se métodos de análise univariada – Análise da Morfologia Foliar (Leaf-Margin Analysis - LMA) (Wing *et al.*, 1999) e Análise de Coexistência (Coexistence Approach - CA) (Mosbrugger & Utescher, 1997) em associações de folhas de dicotiledôneas (Wolfe, 1979; Wilf, 1997; Uhl *et al.*, 2003).

#### 9.5.1 Elaboração do guia prático de campo

A necessidade de uma metodologia que facilitasse e promovesse uma rápida identificação dos fósseis vegetais ainda no local de coleta, ou seja, o Afloramento Paleolago Cemitério, foi o impulso gerador para a criação de uma das metodologias utilizadas nesta tese, descrita a seguir.

Para tanto, foi necessária a elaboração de um guia prático de campo com a descrição e a representação dos tipos foliares. Para esse guia de campo foram idealizados 32 morfotipos (Estampas 4 a 12), sua descrição sucinta e uma ficha-controle (Quadro 2), a qual, utilizada em campo, permitiu o registro das principais características dos morfotipos, sejam estas inatas a eles ou adquiridas durante a incorporação das folhas ao sedimento.

Os 32 morfotipos idealizados possuem as características de margem foliar, primeira e segunda ordem de nervuras combinadas. A base de conhecimento para a sua confecção foi, preliminarmente, o Manual de Arquitetura Foliar publicado por Wing *et al.* (1999), a pesquisa bibliográfica prévia relativa ao reconhecimento dos principais taxa fósseis já identificados para o Terciário/Quaternário do Brasil, e o conhecimento previamente adquirido pela autora da tese, em taxonomia e sistemática botânica.

A criação de cada morfotipo foi estabelecida após estudos comparativos entre o material coletado e plantas arbóreo-arbustivas existentes, atualmente, na região, bem como através de comparação com exemplares do herbário da Universidade de Brasília e uso de

bibliografia especializada (Garay & Rizzini (2004), Tryon & Tryon (1982), Cardoso & Sajo (2004), Gomes *et al.* (2004), Sano & Almeida (1998) Duarte (1987) Fontenelle *at al.* (1994), Handro (1964), Silva-Júnior *et al.* (2005); Duarte & Filha (1980), Duarte & Vasconcelos (1980), Tryon & Tryon (1982)).

Os morfotipos foram associados com dados tafonômicos, tais como o tipo de preservação foliar (Mumificação – MUM, Impressão – IMP, Carbonização - CAR), e dados inatos aos espécimes, tais como tamanho foliar (Nanófilo - NA, Notófilo – NO, Mesófilo – MÊS, Micrófilo – MI, Megáfilo - MEG) e feição de margem foliar (Inteira – INT, Irregular – IRR, Bilobada – BIL, Palmada - PAL).

NÍVEL:														
		PRESERVAÇÃO			TAMANHO						MARGEM			
TIPO	TOTAL	IMP	MUM	CARB	MEG	MES	NO	MI	NA	LEP	INT	IRR	BIL	PAL
M1														
M2														
M3														
M4														
M5														
M6														
M7														
M8														
M9														
M10														
M11														
M12														
M13														
M14														
M15														
M16														
M17														
M18														
M19														
M20														
M21														
M22														
M23														
M24														
M25														
M26														
M27														
M28														
M29														
M30														
M31														
M32														
TOTAL														

Figura 8: Ficha-controlre utilizada durante a identificação do material em campo.

### 9.5.2 Microscopia de Fluorescência

Um microscópio óptico de luz transmitida nos permite ver estruturas de células e tecidos através da absorção e difração de luz, enquanto a microscopia fluorescente age diferentemente. O processo se explica pela presença de substâncias fluorescentes no campo de visão, assim, as áreas do espécime capazes de fluorescerem tornam-se independentes da fonte de luz através da irradiação com a luz excitada ultravioleta, azul ou verde, demitida nesse tipo de microscópio. Entretanto, as partes não fluorescentes mostram-se escuras.

A fluorescência ocorre quando a energia excitada (a luz) é absorvida pelas moléculas e os elétrons são trazidos para estados instáveis. Nestes estados os elétrons perdem energia por efeitos vibracionais e rotacionais, até chegarem a um baixo nível energético. Desse estado, então, ele então pula para o estado normal ou fundamental e emite um *quantum* de luz visível, a qual é observada como luz fluorescente. Quanto maior o salto, maior a diferença energética: a luz emitida torna-se rica em energia e o tamanho da onda encurta.

A microscopia de fluorescência faz a identificação de fragmentos não discerníveis na luz branca, permitindo distinguir resinita, esporonita e cutinita, revelando também estruturas e texturas não visíveis em luz branca normal. O lúmen da célula em fusenita (*charcoal*), por exemplo, aparece vazio quando observado em microscópio de luz branca, mas é visto preenchido com material laranja quando visto em microscopia de fluorescência. No caso da análise de fluorescência quantitativa (microspectrofotometria), esta envolve o estudo do espectro de luz numa alta magnificência abaixo da excitação ultravioleta. Por razões práticas, as análises estão geralmente restritas a porção do espectro eletromagnético detectável pela visão humana. O grande problema é que a maioria dos macerados de carvão (vitritina e inertinita) não fluoresce, ou pelo menos, não fluoresce com intensidade o bastante para ser analisada quantitativamente (Ligouis & Doubinger, 1991).

## 10. RESULTADOS

### 10.1 Tipo de Associação

A associação fitofossilífera do afloramento Paleolago Cemitério é constituída tanto de microfósseis como de macrofósseis e do ponto de vista classificatório, pode estar incluída em duas das três classificações sugeridas por Gastaldo *et al.* (1995). Porém, é prudente enquadrar os microfósseis de algas como elementos de uma associação autóctone, uma vez que a preservação se deu no seu local de vida, sem transporte. Já os macrofósseis compostos por folhas de angiospermas e fragmentos de pteridófitas, podem ser classificados como uma associação parautóctone, uma vez que apresenta elementos que não foram transportados por grandes distâncias desde o seu local de vida. Esta interpretação advém do fato da grande maioria das folhas fósseis encontra-se completa e bem preservada, indicando pouco transporte. Outro parâmetro que corrobora esta interpretação é a própria abundância e diversidade dos restos vegetais que se encontram completos e ainda articulados, como no caso dos fetos. Todas estas feições são esperadas no caso de materiais transportados a curtas distâncias, conforme os estudos de Scott & Collinson (1983), Gastaldo (1988), Gastaldo *et al.* (1995) e Burnham (1989). Portanto, ao que parece, os níveis fossilíferos representam depósitos gerados bem junto às margens do corpo d'água.

### 10.2 Morfotipos Idealizados

A criação e a descrição dos morfotipos foi baseada no cruzamento das características de margem foliar e venação. A margem foliar foi dividida em quatro categorias, a saber: Inteira –INT, Irregular – IRR, Bilobada – BIL e Palmada – PAL, enquanto o padrão de venação foi baseado na venação de primeira e segunda ordens.

Para veias de primeira ordem foram estabelecidas oito categorias, a saber: Pinada, Actinódroma, Actinódroma basal, Actinódroma supra, Acródroma, Acródroma basal, Acródroma supra e Palactindódroma. Para as veias de segunda ordem foram estabelecidas 14 categorias, a saber: Broquiodódroma, Fraca broquiodódroma, Festonada broquiodódroma, Eucamptódroma, Cladódroma, Reticulódroma, Craspedódroma,

Semicraspedódroma, Festonada craspedódroma, Acródroma supra, Acródroma basal, Intramarginal, Interior, Anastomosada.

O trabalho com fósseis, em muitos casos, é limitado devido às más condições de preservação, bem como à fragmentação do material. Realmente, as amostras encontradas no afloramento em questão são excepcionais do ponto de vista de preservação, porém ainda assim, tratam-se de fragmentos de folhas todos de angiospermas. E, essas folhas apresentam-se incompletas, com ausência de certas partes, dados como pecíolos, bases e ápices, de fato que na maioria das amostras só é possível a observação das características das margens laterais e venação. Tal limitação, na observação, também influenciou o uso de apenas duas ordens de venação, isto é, a de primeira e a de segunda, e suas respectivas categorias, uma vez que na maior parte dos espécimes as venações de terceira, quarta e quinta ordens não eram observáveis. Somente dessa forma foi possível contemplar e incluir toda a gama de espécimes encontrados.

Salienta-se ainda que a identificação em morfotipos foi o bastante para a aplicação da técnica de Análise da Margem Foliar (LMA- Leaf Margin Analysis, Wolf, 1993) a qual está estabelecida sobre o padrão de margem foliar. Porém, para a aplicação de outra importante metodologia, isto é, a Análise de Coexistência (CA – Coexistence Approach, Mosbrugger & Utescher, 1997), foi necessária a correlação desses morfotipos com os táxons encontrados entre as amostras. Assim, logo abaixo é explanada a relação entre os morfotipos fósseis aqui definidos e os gêneros relativos modernos que têm sua nomenclatura aplicada aos fósseis através de comparação das feições foliares (Figura 9).

MORFOTIPO	MARGEM	1ª VEIA	2ª VEIA
M1	Inteira	Pinada	Broquidódroma
M2	Inteira	Pinada	Fraca Broquidódroma
M3	Inteira	Pinada	Festonada Broquidódroma
M4	Inteira	Pinada	Eucamptódroma
M5	Inteira	Pinada	Cladódroma
M6	Inteira	Pinada	Reticulódroma
M7	Inteira	Pinada	Caspedódroma
M8	Inteira	Pinada	Semicaspedódroma
M9	Inteira	Pinada	Acródroma supra
M10	Inteira	Acródroma supra	Acródroma basal
M11	Inteira	Acródroma basal	Intramarginal
M12	Inteira	Pinada	Broquidódroma
M13	Bilobada	Actinódroma ou Acródroma	Interior
M15	Bilobada	Actinódroma ou Acródroma	Acródroma supra
M16	Inteira	Acródroma supra	Cladódroma
M17	Irregular	Actinódroma supra	Eucamptódroma

<b>M18</b>	Irregular	Pinada	Cladódroma
<b>M19</b>	Irregular	Pinada	Reticulódroma
<b>M20</b>	Irregular	Pinada	Caspedódroma
<b>M21</b>	Irregular	Pinada	Semicaspedódroma
<b>M22</b>	Irregular	Pinada	Festonada caspedódroma
<b>M23</b>	Irregular	Actinódroma supra	Caspedódroma
<b>M24</b>	Irregular	Pinada	Fraca Broquidódroma
<b>M25</b>	Irregular	Actinódroma supra	Interior
<b>M26</b>	Irregular	Pinada	Intramarginal
<b>M27</b>	Irregular	Acródroma basal	Acródroma basal
<b>M28</b>	Palmada	Actinódroma basal	Broquidódroma
<b>M29</b>	Palmada	Palactinódroma	Interior/Broquidódroma
<b>M30</b>	Inteira	Pinada	Semicaspedódroma
<b>M31</b>	Inteira	Pinada	Interior
<b>M32</b>	Inteira	Pinada	Fraca Broquidódroma

Figura 9: Morfotipos idealizados e elaborados para o guia utilizado nos trabalhos de campo.

### 10.2.1 Descrição dos morfotipos

**M1:** O morfotipo 1 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma arcos proeminentes, do tipo broquidódromo, rentes à margem do mesófilo.

**M2:** O morfotipo 2 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia não chega a formar arcos, pois termina na margem do mesófilo, sem fechar em arco, ou em arcos não proeminentes, sendo aqui considerada como broquidódroma fraca.

**M3:** O morfotipo 3 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma arcos centrais maiores e dois a três conjuntos de arcos menores sobre os centrais, em direção à margem do mesófilo, chamada de festonada broquidódroma. Neste morfotipo foram incluídos gêneros tais como:

**M4:** O morfotipo 4 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma linhas que iniciam na primeira nervura e sobem diminuindo sua abertura, sem formar arcos, em direção ao ápice do mesófilo, chamada eucamptódroma.

**M5:** O morfotipo 5 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma ramificações curtas e livres, sem fechar em arcos em direção à margem do mesófilo, chamada de cladódroma.

**M6:** O morfotipo 6 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia é anastomosada formando duas séries de arcos disformes em direção à margem do mesófilo, como um retículo, sendo chamada de reticulódroma.

**M7:** O morfotipo 7 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma linhas distanciadas e retas com curta ramificação em direção à margem do mesófilo, chamada caspedódroma.

**M8:** O morfotipo 8 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia ramifica dentro da margem formando arcos maiores e uma série de arcos sobrejacentes aos maiores, dentro da margem do mesófilo, sendo chamada de semicaspedódroma.

**M9:** O morfotipo 9 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma várias séries de arcos, sendo uma série central maior, enquanto as demais séries estão posicionadas sobre esta, formando arcos curtos em direção à margem do mesófilo, sendo chamada de festonada caspedódroma.

**M10:** O morfotipo 10 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é acródroma supra, isto é, constituída por três ou mais veias primárias alongadas, formando arcos convergentes em direção ao ápice, e basal por ramificar acima do pecíolo. Da mesma forma está constituída a veia de segunda ordem, sendo também chamada acródroma supra.

**M11:** O morfotipo 11 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é acródroma basal, isto é, ramificada à partir do pecíolo, enquanto a segunda veia forma arcos convergentes, partindo do pecíolo em direção ao ápice do mesófilo, sendo chamada de acródroma basal.



**M12:** O morfotipo 12 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma uma única série de arcos fortemente contornada por uma linha rente à margem do mesófilo, chamada de intramarginal.

**M13:** O morfotipo 13 é caracterizado por mesófilo foliar bilobado com margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma duas séries de arcos, sendo uma mais longa e outra constituída por arcos mais curtos, em direção à margem do mesófilo, chamada de festonada broquidódroma.

**M14:** O morfotipo 14 é caracterizado por apresentar mesófilo foliar levemente dicotomizado, com margem inteira, isto é, lisa. Quanto à venação, a primeira veia é actinódroma ou acródroma, isto é, ramificada em três segmentos em cada lobo, à partir do pecíolo, enquanto a segunda se une ao segmento da primeira transpondo as ramificações da veia de primeira ordem, chamada assim interior.

**M15:** O morfotipo 15 é caracterizado por possuir margem irregular, crenada. Quanto à venação, a primeira veia é acródroma supra, isto é, ramificada em três segmentos que partem acima do pecíolo, enquanto a segunda veia também é assim chamada por apresentar arcos convergentes entre si em direção à margem do mesófilo.

**M16:** O morfotipo 16 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia está ramificada em segmentos que partem acima do pecíolo, com curtas ramificações em direção à margem do mesófilo sendo chamada de cladódroma.

**M17:** O morfotipo 17 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é, denteada, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia parte de linhas que iniciam na primeira nervura e sobem diminuindo sua abertura, sem formar arcos, em direção ao ápice do mesófilo, sendo chamada de eucamptódroma.

**M18:** O morfotipo 18 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é, crenada e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda forma ramificações curtas e livres, sem fechar em arcos em direção à margem do mesófilo, chamada de cladódroma.

**M19:** O morfotipo 19 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é, crenada e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia é anastomosada formando duas séries de arcos disformes em direção à margem do mesófilo, como um retículo, sendo chamada de reticulódroma.

**M20:** O morfotipo 20 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é, denteada e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma linhas distanciadas e retas com curta ramificação em direção à margem do mesófilo, sendo chamada de craspedódroma.

**M21:** O morfotipo 21 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é, crenada e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, a segunda veia ramifica dentro da margem formando arcos maiores e outra forma arcos sobrejacentes aos maiores, dentro da margem do mesófilo, chamada então, de semicaspédroma.

**M22:** O morfotipo 22 é caracterizado por possuir irregular, isto é crenada, quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma várias séries de arcos, sendo uma central maior e as demais posicionadas sobre esta, formando arcos curtos em direção à margem do mesófilo, chamada de festonada caspedódroma.

**M23:** O morfotipo 23 é caracterizado por possuir margem irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma linhas distanciadas e retas com curta ramificação em direção à margem do mesófilo, chamada de craspedódroma.

**M24:** O morfotipo 24 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é, serrilhada quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia não chega a formar arcos, pois termina na margem do mesófilo, sem fechar em arco, ou em arcos não proeminentes, aqui considerada como broquidódroma fraca.

**M25:** O morfotipo 25 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é, crenada. Quanto à venação, a primeira veia é actinódroma ou acródroma, isto é, ramificada em três segmentos em cada lobo, à partir do pecíolo, enquanto a segunda se une aos segmentos transpondo as ramificações da veia de primeira ordem, sendo chamada de interior.

**M26:** O morfotipo 26 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é crenada e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma uma única série de arcos fortemente contornada por uma linha à margem do mesófilo, chamada de intramarginal.

**M27:** O morfotipo 27 é caracterizado por possuir margem irregular, isto é, crenada e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia forma arcos convergentes, partindo do pecíolo em direção ao ápice do mesófilo, sendo chamada de acródroma basal.

**M28:** O morfotipo 28 é caracterizado por possuir mesófilo foliar palmado e margem inteira. Quanto à venação, a primeira veia é actinódroma basal, isto é, ramificada à partir do pecíolo, enquanto a segunda veia forma duas séries de arcos, sendo uma mais longa e outra com arcos mais curtos, em direção à margem do mesófilo, considerada festonada broquidódroma.

**M29:** O morfotipo 29 é caracterizado por possuir mesófilo palmado com margem inteira. Quanto à venação, a primeira veia é palactinódroma, pois possui segmentos que divergem em uma série de dicotomias, estando estes segmentos, ora próximos, ora distanciados entre si, enquanto a segunda veia forma duas séries de arcos, sendo uma mais longa e outra com arcos mais curtos, em direção à margem do mesófilo, chamada de festonada broquidódroma.

**M30:** O morfotipo 30 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia é forma várias séries de arcos disformes em direção à margem do mesófilo, sendo chamada de anastomosada.

**M31:** O morfotipo 31 é caracterizado por possuir margem inteira, isto é, lisa, não irregular. Quanto à venação, a primeira veia é actinódroma ou acródroma, isto é, ramificada em três segmentos em cada lobo, à partir do pecíolo, enquanto a segunda se une aos segmentos transpondo as ramificações da veia de primeira ordem, sendo chamada de interior.

**M32:** O morfotipo 32 é caracterizado por possuir forma lanceolada com margem inteira, isto é, lisa, não irregular, e quanto à venação, a primeira veia é pinada, isto é reta, não ramificada, enquanto a segunda veia não chega a formar arcos, pois termina na

margem do mesófilo, sem fechar em arco, ou em arcos não proeminentes, aqui considerada como broquidódroma fraca.

### 10.3 Definição dos Morfotipos

Após a definição dos morfotipos e o uso do guia para a identificação, por morfotipos, dos espécimes encontrados em campo, foi necessário definir quais gêneros atuais se encaixam nos modelos foliares propostos. Como já era esperado, nem todos os morfotipos são modelos coerentes com a realidade morfológica dos gêneros naturais encontrados nas floras brasileiras atuais. Abaixo quadro informativo sobre os morfotipos criados e seus respectivos gêneros naturais (Figura 10).

MORFOTIPOS	GÊNEROS
M1	<i>Eugenia, Calyptanthus, Annona, Psidium, Helycostylis, Ficus, Enterolobium</i>
M2	<i>Ardisia, Clusia, Symplocus, Dalbergia, Caryodendron, Cordia, Litsea</i>
M3	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M4	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M5	<i>Rheedia</i>
M6	<i>Myrcia, Styrax</i>
M7	<i>Lindera, Nectandra, Apeiba, Stryphnodendron</i>
M8	<i>Gomidesia, Cybianthus, Eriotheca, Astronium, Piptadenia, Ocotea, Jacaratia, Uvaria</i>
M9	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M10	<i>Strychnus</i>
M11	<i>Glycidendron, Miconia, Cecropia</i>
M12	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M13	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M14	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M15	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M16	<i>Bixa</i>
M17	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M18	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M19	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M20	<i>Maytenus</i>
M21	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M22	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M23	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M24	<i>Caryocar</i>
M25	<i>Luehea</i>
M26	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M27	<i>Cinammomum</i>
M28	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M29	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M30	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M31	Morfotipo não encaixa em nenhum exemplar fóssil ou moderno
M32	<i>Licania, Oxandra</i>

Figura 10: Gêneros naturais que se encaixam entre os morfotipos idealizados.

## 10.4 Resultados encontrados no Nível Fossilífero 2 (NF2)

### 10.4.1 Morfotipos e tipos botânicos

Os morfotipos encontrados no Nível 2 foram identificados e relacionados aos seus respectivos gêneros naturais (Figura 11).

MORFOTIPOS	GÊNEROS
M1	<i>Eugenia, Calyptranthes, Annona, Psidium</i>
M2	<i>Ardisia, Clusia, Symplocus</i>
M5	<i>Rheedia</i>
M6	<i>Myrcia, Styrax</i>
M8	<i>Gomidesia, Cybianthus</i>
M10	<i>Strychnos</i>
M11	<i>Cecropia</i>
M16	<i>Bixa</i>
M20	<i>Maytenus</i>
M25	<i>Luehea</i>

Figura 11: Gêneros naturais encontrados entre os morfotipos do Nível 2.

Dez dos 32 morfotipos estabelecidos para esse trabalho, foram encontrados no Nível 2 (Figura 12).

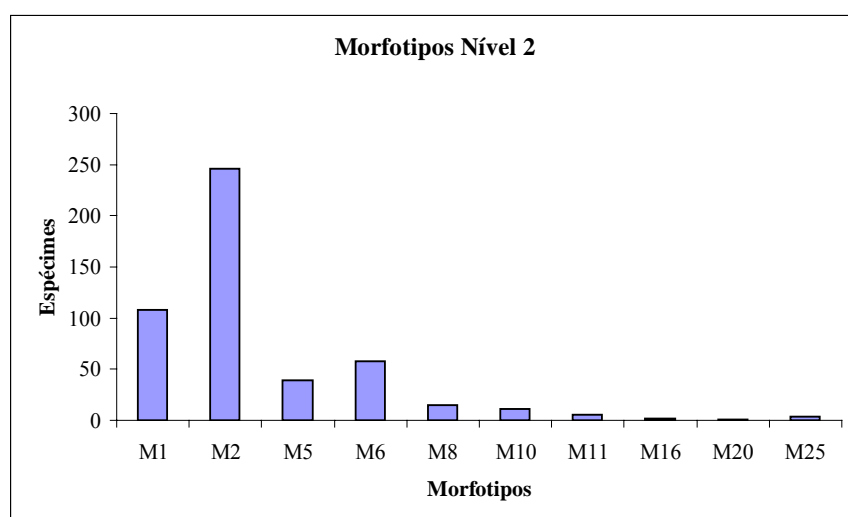


Figura 12: Total de morfotipos encontrados no Nível fitofossilífero 2.

#### 10.4.2 Análise Estatística

As características analisadas como variáveis foram: Margem Foliar, Tipo de Preservação e Tamanho Foliar, estando divididos nas seguintes categorias:

*Margem Foliar:* Inteira, Irregular, Bilobada e Palmada.

*Tipo de Preservação:* Impressão, Mumificação e Carbonização.

*Tamanho Foliar:* Megáfilo, Mesófilo, Notófilo, Microfilo, Nanófilo e Leptófilo.

#### *Margem Foliar*

O nível 2 apresenta 98% de suas folhas com margem inteira, 1% irregular, 1% bilobada e 0% de folha palmada (Figura 13).

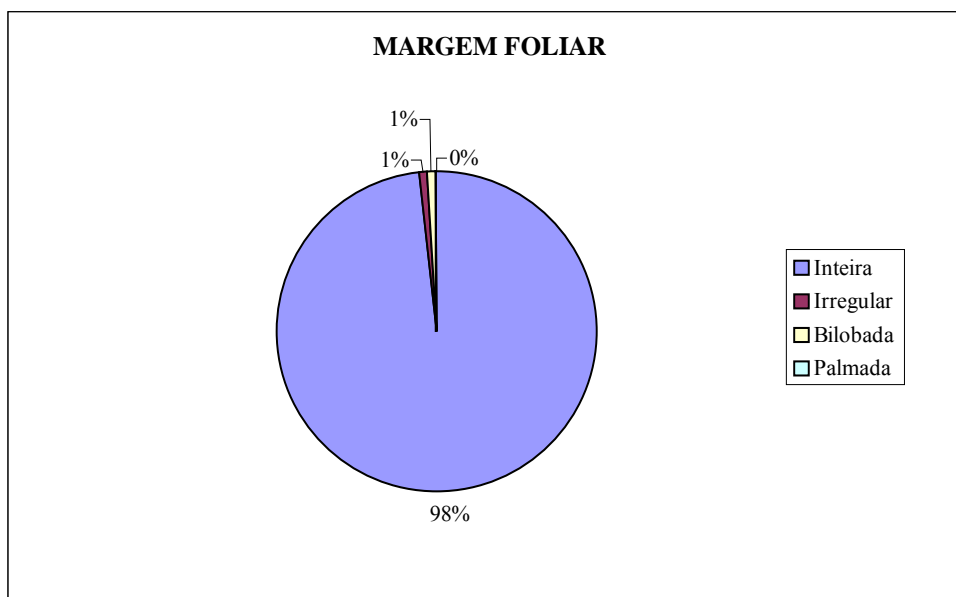


Figura 13: Tipo de Margem Foliar encontrada nos espécimes do Nível 2.

#### *Tipo de Preservação*

Quanto ao tipo de preservação, os resultados obtidos demonstram que a porcentagem de espécimes preservados por mumificação é significativamente maior que os demais tipos de preservação, ocupando 76% do total, enquanto as folhas preservadas por impressão ocupam 23%, aquelas preservadas por carbonização ocupam apenas 1% (Figura 14).

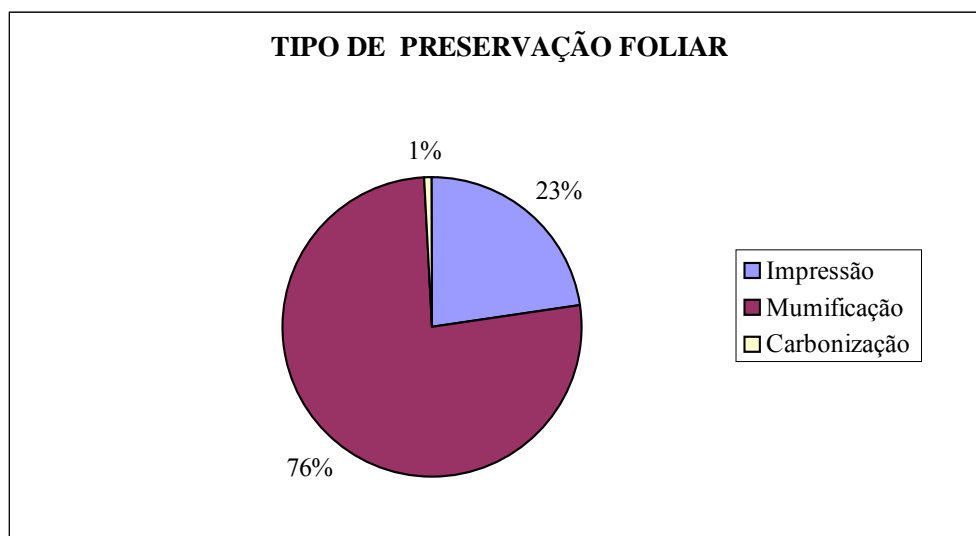


Figura 14: Tipo de Preservação encontrada nos espécimes do Nível 2.

#### *Tamanho Foliar*

O tamanho foliar que mais se destacou em porcentagem foi o Notófilo com 48%, seguido pelo Micrófilo com 39%, e Nanófilo com 9%, enquanto os demais, caso de Megáfilo, Mesófilo e Leptófilo, apresentaram porcentagens que variam de 0 a 4% (Figura 15).

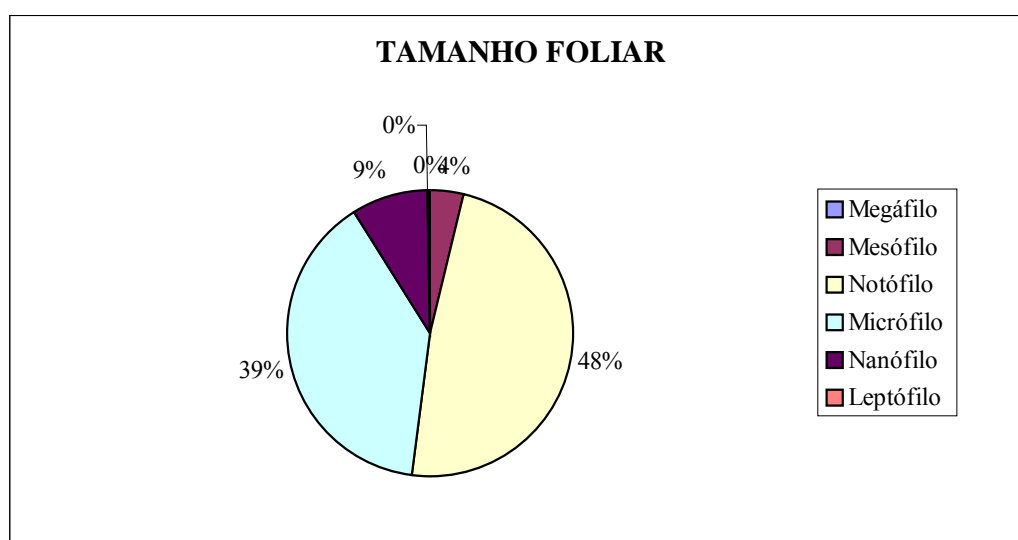


Figura 15: Tamanho Foliar dos espécimes encontrados no Nível 2.

### Teste do Q Quadrado

Para o teste de Pearson “Q Quadrado” foram realizadas associações entre as variáveis Margem Foliar (Inteira, Irregular, Bilobada e Palmada) e o Tipo de Preservação (Impressão, Mumificação e Carbonização) (Figura 16) e Margem Foliar e Tamanho Foliar (Mesófilo, Notófilo, Micrófilo, Nanófilo e Leptófilo) (Figura 17).

Para o Nível 2 o teste demonstrou que não há associação entre as variáveis Margem Foliar e Tipo de Preservação ( $X^2 = 3,34$ ;  $p = 0,502$ ). Porém, há uma certa tendência de associação entre as folhas com margem inteira e o tipo de preservação impressão, pois há mais casos de folhas combinadas com estas duas características, porém esse dado não se expressa estatisticamente significativo.

O teste do Q Quadrado demonstrou também que não há associação com distribuição equitativa entre o tipo de margem foliar e o tamanho foliar, de acordo com os totais individuais para cada categoria.

#### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	3.342 <sup>a</sup>	4	.502
Likelihood Ratio	5.100	4	.277
Linear-by-Linear Association	1.287	1	.257
N of Valid Cases	530		

a. 6 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .05.

Figura 16: Teste Q Quadrado para categorias de Margem Foliar e Tipo de Preservação relacionadas.

#### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2.854 <sup>a</sup>	8	.943
Likelihood Ratio	3.922	8	.864
Linear-by-Linear Association	.346	1	.557
N of Valid Cases	530		

a. 11 cells (73.3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .01.

Figura 17: Teste Q Quadrado para categorias de Margem Foliar e Tamanho Foliar relacionadas.



### *Regressão Linear*

Foram realizados testes com o uso de programa de computação apropriado, objetivando saber se há alguma relação entre as variáveis Margem Foliar, Tipo de Preservação e Tamanho Foliar, porém nenhuma relação foi encontrada nas combinações.

#### *10.4.3 Análises Paleoclimáticas*

##### *Análise de Margem Foliar (LMA)*

No Nível 2 foram encontrados 10 morfotipos, dos quais 98% apresentaram folhas com margem inteira. À partir desse dado foi possível calcular a Temperatura Média Anual (MAT), seguindo o procedimento usado por Wilf (1997). Assim, foi obtido uma MAT de 31,1°C, com um desvio padrão de  $\pm 1,0$ , o que forneceu uma temperatura máxima em 32,1°C e a mínima em 30,1°C.

Onde:

P= 0,98% (porcentagem de folhas com margens inteiras)

R= 17 (quantidade de espécimes de folhas com margens inteiras)

##### *Cálculo 1)*

$$\alpha [P] = \sqrt{P (1-P) / r}$$

$$\alpha [P] = \sqrt{0,98 (1- 0,98) / 21}$$

$$\alpha [P] = 0,0339$$

$$\alpha [P] = 0,34$$

##### *Cálculo 2)*

$$\text{LMAT} = 30,6 + 1,14$$

$$\text{LMAT} = 30,6 \times 0,98 + 1,14$$

$$\text{LMAT} = 31,13^\circ\text{C}$$

##### *Cálculo 3)*

$$\alpha \text{ LMAT} = c\sqrt{P (1 - P) / r}$$

$$\alpha \text{ LMAT} = 30,6 \sqrt{0,98 (1- 0,98) / 17}$$

$$\alpha \text{ LMAT} = 30,6 \times 0,0339$$

$$\alpha \text{ LMAT} = 1,039$$

### *Paleotemperaturas calculadas*

$$\text{LMAT} = 31,13^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha \text{ LMAT} = 1,04$$

$$\text{MAT máxima} = 32,14^{\circ}\text{C}$$

$$\text{MAT mínima} = 30,06^{\circ}\text{C}$$

### *Análise de Coexistência (CA)*

Para a correta utilização dessa metodologia foi necessário coletar dados sobre a temperatura e precipitação atuais, tanto da região de distribuição dos táxons modernos, quanto da região onde o Afloramento Paleolago Cemitério se encontra, no município de Catalão (Figura 18).

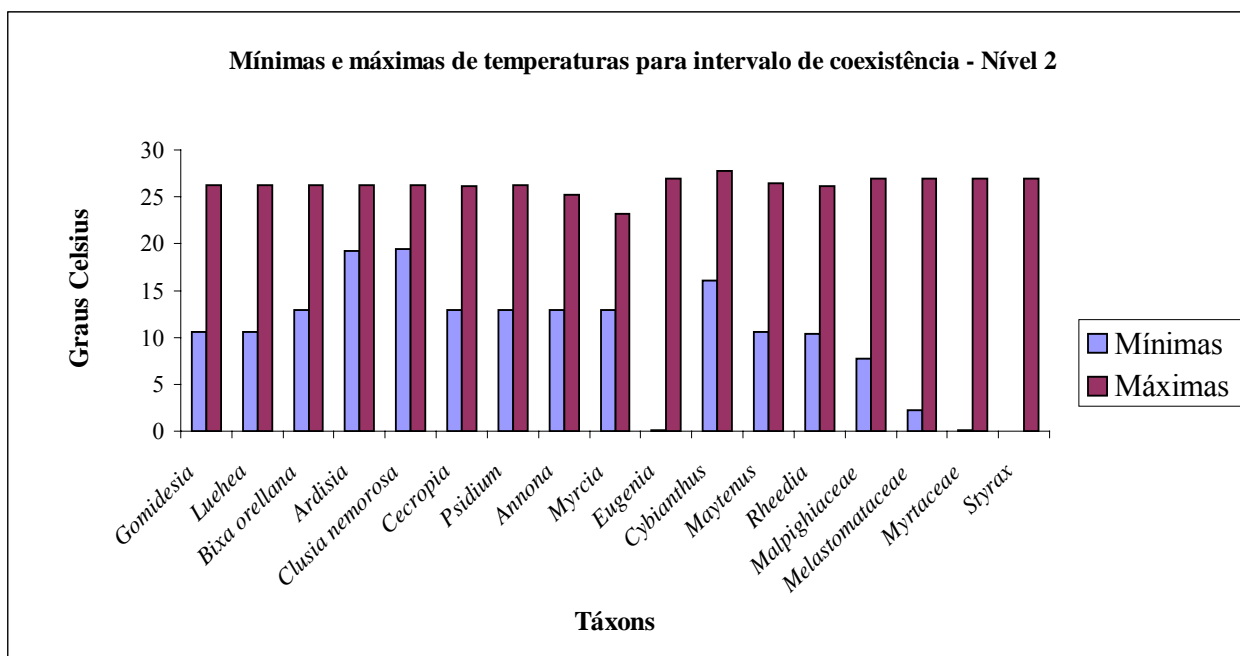


Figura 18: Temperaturas mínimas e máximas toleradas pelos táxons do Nível 2.

### *Paleoprecipitação*

Atualmente, a região onde se insere o município de Catalão, GO, possui verões com precipitação média de 290mm. Porém, durante o Pleistoceno, segundo os resultados do CA, essa se encontraria sob domínio de verões mais secos e invernos mais úmidos do que os atuais, apresentando uma paleoprecipitação de 180mm durante o verão e de 25mm durante o inverno. Quanto à média anual de pluviosidade obtida, 214mm, é mais alta quando comparada à média anual atual do município que é de 124mm (Figura 19).

### *Paleotemperatura*

Atualmente o município de Catalão, GO, apresenta verões com temperaturas em torno de 23°C e invernos em torno de 19°C, o que caracteriza ambas as estações como mais frias, atualmente, do que as mesmas durante o Pleistoceno. Segundo os resultados do CA, naquela época, os verões apresentariam temperaturas de 26,4° e os invernos em torno de 21,1°C com média anual de 24,2°C. A presente temperatura média é de 22°C (Figura 19).

COEXISTENCE APPROACH					LMA
CATALÃO	ATUAL		PLEISTOCENO		PLEISTOCENO
Estações	<i>Verão</i>	<i>Inverno</i>	<i>Verão</i>	<i>Inverno</i>	—
<b>PRECIPITAÇÃO</b>	290mm	10mm	178mm	26mm	—
<b>Média Anual</b>	124mm		90mm		—
<b>TEMPERATURA</b>	23,2°C	19°C	26,4°C	21,1°C	—
<b>Média Anual</b>	22°C		24,2°C		31,1 ± 1,04

Gêneros limitantes	Temperaturas mínimas	Temperaturas máximas
<i>Ardisia e Clusia</i>	22,7°C	--
<i>Myrcia</i>	--	25,8°C
<b>Intervalo de coexistência para associação do nível fitofossilífero 1</b> <b>Entre 22,7° e 25,8°C</b>		

Figura 19: Paleotemperatura e Paleoprecipitação do Nível Fossilífero 2

*Ardisia* e *Clusia* são considerados gêneros limitantes para a máxima mínima de temperatura, não suportando temperaturas mais baixas que 22,7°C. Enquanto *Myrcia* é o gênero menos tolerante ao mínimo máximo de temperatura, não suportando temperaturas mais altas que 25,8°C.

### *Datação*

A datação do Nível 2 foi realizada através de duas técnicas, sendo que a Termoluminescência (TL) resultou em:  $34.700 \pm 5.000$ , enquanto a datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) resultou em:  $27.500 \pm 4.000$ .

A discussão sobre a datação é sem dúvida norteadora e complementada com leituras apropriadas que possam relacionar a realidade observada por muitos autores em seus estudos, fim de comparação com os resultados aqui obtidos. De fato a datação envolveu duas metodologias: a de Termoluminescência (TL), que forneceu uma datação de  $34.700 \pm 5.000$  anos e a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), a qual forneceu uma datação de:  $27.500 \pm 4.000$  anos.

A datação foi estabelecida sobre amostras provenientes do nível mais recente (NF2), pois por uma questão de tempo, não foi possível estabelecer a datação do nível mais antigo, a qual será devidamente elucidada para as futuras publicações.

Assim, as discussões estão centradas em localidades com idades entre 50.000 até o recente, de forma a abarcar o intervalo entre 39.700 e 23.500 anos, correspondente às associações fitofossilíferas em questão. Considerando-se o intervalo de sobreposição das barras de erro das duas idades obtidas, pode-se sugerir que idade da tafoflora do Nível 2 está entre 29.700 e 31.500.

## 10.5. Resultados encontrados no Nível Fossilífero 1 (NF1)

### 10.5.1 Morfotipos e tipos botânicos

Os espécimes encontrados no Nível 1 foram identificados e relacionados aos seus respectivos morfotipos (Figura 20).

MORFOTIPOS	GÊNEROS
M1	<i>Eugenia, Helicostylis, Ficus, Annona, Enterolobium, Psidium</i>
M2	<i>Dalbergia, Caryodendron, Cordia, Ardisia, Symplocus, Litsea</i>
M6	<i>Styrax</i>
M7	<i>Lindera, Nectandra, Apeiba, Stryphnodendron</i>
M8	<i>Eriotheca, Astronium, Piptadenia, Ocotea, Jacaratia, Uvaria</i>
M11	<i>Glycidendron, Miconia</i>
M16	<i>Bixa</i>
M20	<i>Maytenus</i>
M24	<i>Caryocar</i>
M25	<i>Luehea</i>
M27	<i>Cinammomum</i>
M32	<i>Licania, Oxandra</i>

Figura 20: Gêneros naturais que se encaixam entre os morfotipos idealizados para o Nível 1.

Doze dos 32 morfotipos estabelecidos para esse trabalho foram encontrados no Nível 1 (Figura 21).

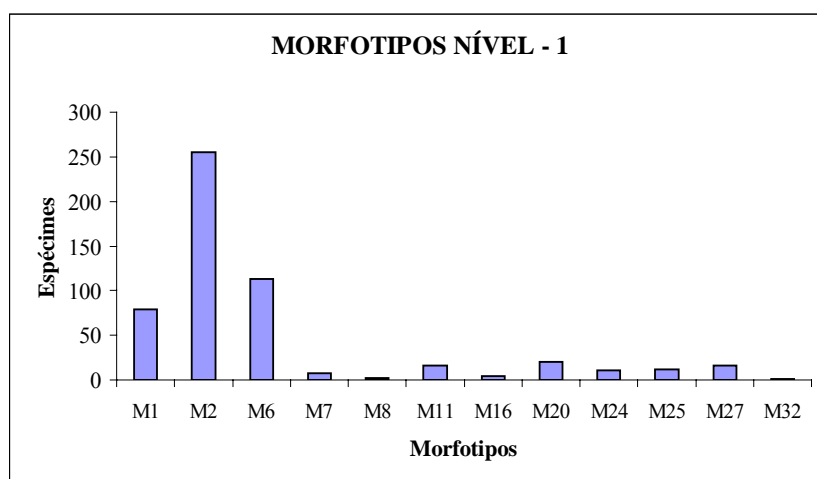


Figura 21: Total de Morfotipos encontrados no Nível 1.

### 10.5.2 Análise Estatística

As características analisadas como variáveis foram Margem Foliar, Tipo de Preservação e Tamanho Foliar, e estiveram divididas nas seguintes categorias:

*Margem Foliar:* Inteira, Irregular, Bilobada e Palmada.

*Tipo de Preservação:* Impressão, Mumificação e Carbonização.

*Tamanho Foliar:* Megáfilo, Mesófilo, Notófilo, Micrófilo, Nanófilo e Leptófilo.

#### *Margem Foliar*

O Nível 1 apresenta 89% de suas folhas com margem inteira, 11% irregular e 0% bilobada ou palmada (Figura 22).

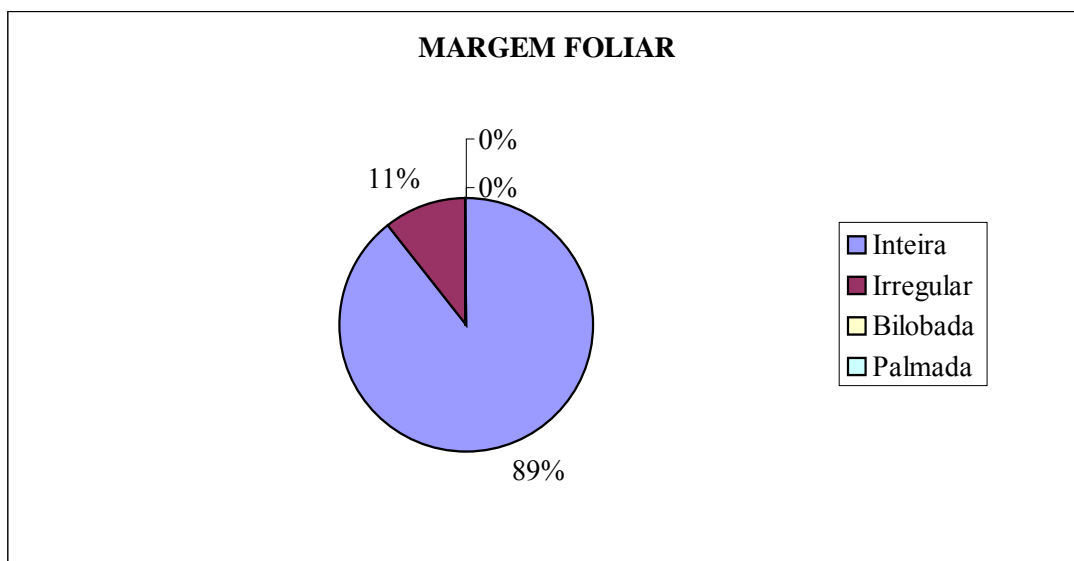


Figura 22: Tipo de Margem Foliar encontrada nos espécimes do Nível 1.

### *Tipo de Preservação*

Quanto ao tipo de preservação, os resultados obtidos demonstram que a porcentagem de espécimes preservados por mumificação é significativamente maior que os demais tipos de preservação, ocupando 78% do total, e enquanto as folhas preservadas por impressão ocupam 21%, aquelas preservadas por carbonização ocupam apenas 1% (Figura 23).

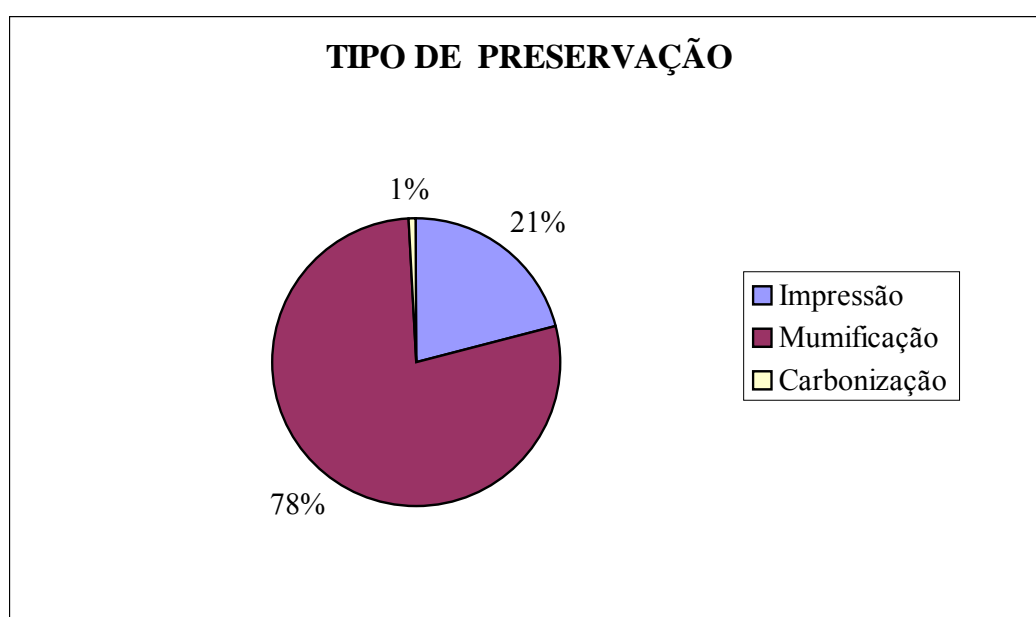


Figura 23: Tipo de Preservação encontrada nos espécimes do Nível 1.

### *Tamanho Foliar*

O tamanho foliar que mais se destacou em percentagem foi o Notófilo com 58%, seguido pelo Micrófilo com 29%, Mesófilo 11%, Nanófilo com 2%, enquanto os demais, no caso Megáfilo e Leptófilo não foram encontrados (Figura 24).

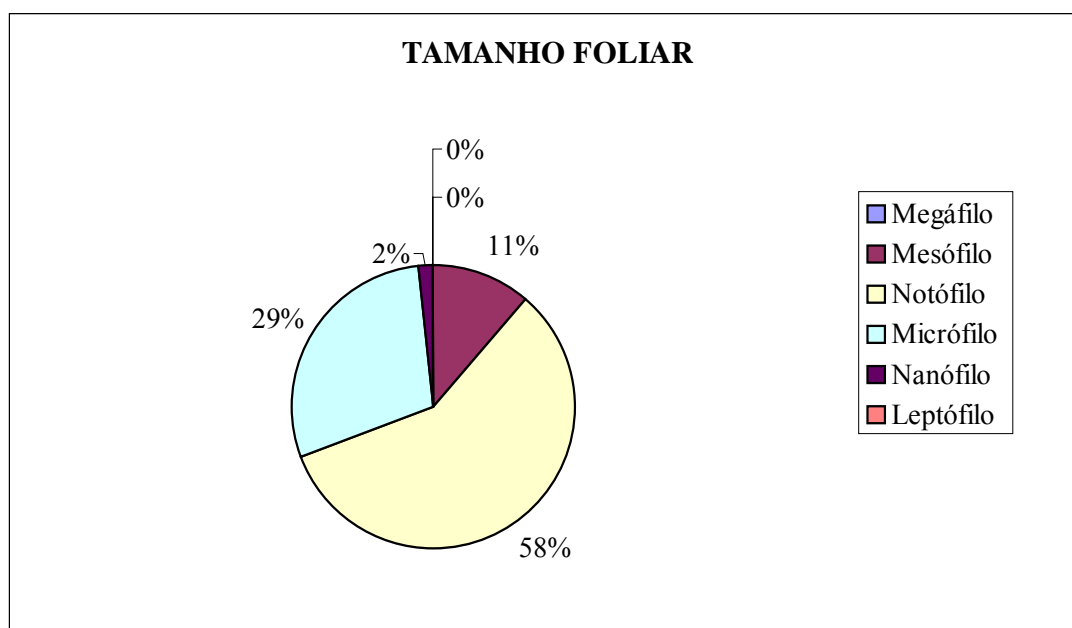


Figura 24: Tamanho Foliar dos espécimes encontrados no Nível 1.

### *Teste do Q Quadrado*

Para o teste “Q Quadrado” foram realizadas associações entre as variáveis Margem Foliar, Tipo de Preservação e Tamanho Foliar.

Para o Nível 1 o teste demonstrou que há associação significativa entre Margem Foliar e Tipo de Preservação ( $X^2 = 9,14$ ;  $p = 0,010$ ), i. é, é perceptível uma associação entre a frequência de casos de fossilização por Impressão e folhas de Margem Inteira (Figura 25) e entre folhas com Margem Irregular fossilizadas, com maior frequência, por Mumificação (Figura 26).

Observando os resíduos ajustados é possível perceber, também, uma associação entre folhas com Margem Inteira e tamanho Notófilo e folhas com Margem Irregular e tamanho Mesófilo.



### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9.144 <sup>a</sup>	2	.010
Likelihood Ratio	11.532	2	.003
Linear-by-Linear Association	6.452	1	.011
N of Valid Cases	599		

a. 1 cells (16.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .64.

Figura 25: Teste Q Quadrado para categorias Margem Foliar e Tipo de Preservação relacionadas.

### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	87.884 <sup>a</sup>	3	.000
Likelihood Ratio	60.852	3	.000
Linear-by-Linear Association	29.677	1	.000
N of Valid Cases	599		

a. 1 cells (12.5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .96.

Figura 26: Teste Q Quadrado para categorias Margem Foliar e Tamanho Foliar relacionadas.

### *Regressão Linear*

Foram realizados testes com o uso de programa de computação apropriado, objetivando saber se há alguma relação entre as variáveis Margem Foliar, Tipo de Preservação e Tamanho Foliar, porém nenhuma relação foi encontrada nas combinações.

### 10.5.3 Análises Paleoclimáticas

*Análise de Margem Foliar (LMA)*

No Nível 1 foram encontrados 12 morfotipos, dos quais, 89% apresentaram folhas com margem inteira. À partir desse dado foi possível calcular a Temperatura Média Anual (MAT) seguindo o procedimento usado por Wilf (1997). Assim, foi obtido uma MAT de 28,4°C, com um desvio padrão de  $\pm 2,1$ , com temperatura máxima de 30,5°C e a mínima em 26,3°C.

P= 0,89% (porcentagem de folhas com margens inteiras)

R= 21 (quantidade de espécimes de folhas com margens inteiras)

*Cálculo 1)*

$$\alpha [P] = \sqrt{P (1-P) / r}$$

$$\alpha [P] = \sqrt{0,0979 / 21}$$

$$\alpha [P] = 0,0046619$$

$$\alpha [P] = 0,07$$

*Cálculo 2)*

$$\text{LMAT} = 30,6 + 1,14$$

$$\text{LMAT} = 30,6 \times 0,89 + 1,14$$

$$\text{LMAT} = 28,37^\circ\text{C}$$

*Cálculo 3)*

$$\alpha \text{LMAT} = c\sqrt{P (1 - P) / r}$$

$$\alpha \text{LMAT} = 30,6 \sqrt{0,89 (1 - 0,89) / 21}$$

$$\alpha \text{LMAT} = 30,6 \times 0,0682$$

$$\alpha \text{LMAT} = 2,086$$

*Paleotemperaturas calculadas*

$$\text{LMAT} = 31,13^\circ\text{C}$$

$$\alpha \text{LMAT} = 1,04$$

$$\text{MAT máxima} = 32,14^\circ\text{C}$$

$$\text{MAT mínima} = 30,06^\circ\text{C}$$

### *Análise de Coexistência (CA)*

Para a correta utilização dessa metodologia foi necessário coletar dados sobre a temperatura e precipitação atuais, tanto da região de distribuição dos táxons modernos, quanto da região onde o Afloramento Paleolago Cemitério se encontra, no município de Catalão (Figura 27).

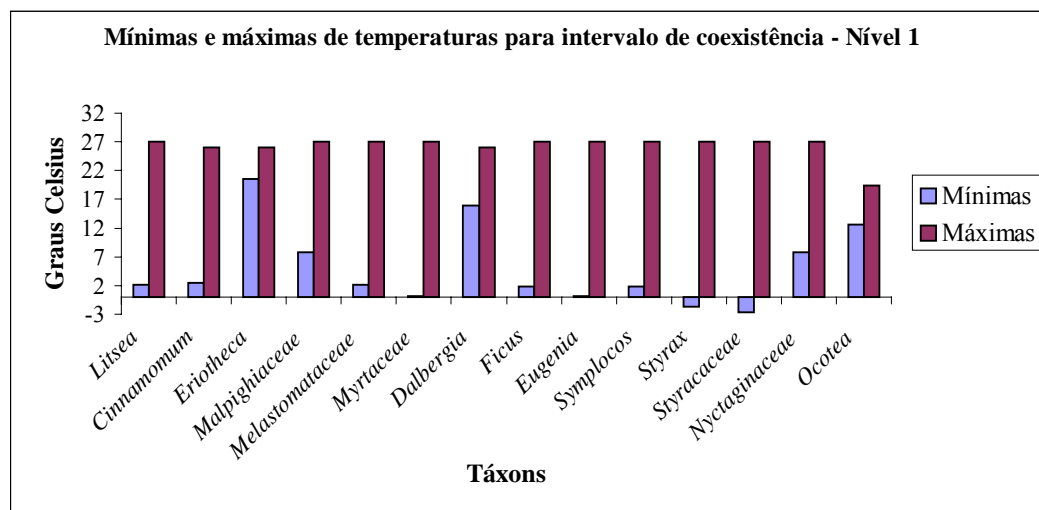


Figura 27. Temperaturas mínimas e máximas toleradas pelos táxons do Nível 1.

### *Paleoprecipitação*

Atualmente, a região onde se insere o município de Catalão, GO, possui verões com precipitação média de 290mm. Porém, durante o Pleistoceno, para o Nível 1, segundo os resultados do CA, essa se encontraria sob domínio de verões e invernos mais secos do que os atuais, apresentando uma paleoprecipitação de 24mm para ambas estações, porém a média anual de pluviosidade obtida, i.é, 265mm maior do que a atual que é de 124mm (Figura 28).

### *Paleotemperatura*

Atualmente, o município de Catalão, GO, apresenta verões com temperaturas em torno de 23,2°C e invernos em torno de 19°C, o que caracteriza verões mais frios e invernos mais quentes, do que as indicadas para o Nível 1, durante o Pleistoceno. Segundo os resultados do CA, naquela época, os verões apresentariam

temperaturas de 28,1°C e os invernos com 3°C, com média anual de 18,5°C. A presente temperatura média da região é de 22°C (Figura 28).

COEXISTENCE APPROACH					LMA
CATALÃO	ATUAL		PLEISTOCENO		PLEISTOCENO
<b>Estações</b>	<i>Verão</i>	<i>Inverno</i>	<i>Verão</i>	<i>Inverno</i>	—
<b>PRECIPITAÇÃO</b>	290mm	10mm	24mm	24mm	—
<b>Média Anual</b>	124mm		265mm		—
<b>TEMPERATURA</b>	23,2°C	19°C	28,1	3,5 C	—
<b>Média Anual</b>	22°C		18,5°C		28,4°C ± 2,09

Gêneros limitantes	Temperaturas mínimas	Temperaturas máximas
<i>Dalbergia</i>	22,8°C	--
<i>Ocotea</i>	--	22,9°C
<b>Intervalo de coexistência para associação do nível fitofossilífero 1</b>		
<b>Entre 22,8° e 22,9°C</b>		

Figura 28: Paleotemperatura e Paleoprecipitação do Nível Fitofossilífero 1

*Dalbergia* é considerado um gênero limitante para a mínima máxima de temperaturas, enquanto *Ocotea* é considerado gênero limitante para a máxima mínima de temperaturas.

#### *Datação*

Não foi possível realizar a datação neste nível fitofossilífero. No entanto, pode-se afirmar que esta tafoflora é mais antiga do que aquela do Nível 2. Tendo em vista as datações obtidas para tafoflora do Nível 2, pode-se dizer que a tafoflora do Nível 1 seria mais antiga do que a idade máxima determinada, ou seja, de 39.700, considerando-se margem de erro da datação de  $34.700 \pm 5.000$ . Por conseguinte, no presente trabalho assume-se uma idade em torno 40.000 anos atrás para a tafoflora do Nível 1.

## 11. DISCUSSÃO

### 11.1 Paleoclima

Do ponto de vista paleoclimático e paleovegetacional, a discussão sobre o enquadramento fitogeográfico da paleoflora da Associação Fitofossilífera Paleolago Cemitério está relacionada a fatores regionais comuns a localidades do entorno da área de estudo. Portanto, foi necessária uma base de informações que demonstrasse que a paleoflora em questão pertence a um contexto paleoambiental próprio de uma época, no caso o Pleistoceno.

Morley (2000) sugere que a diversidade das florestas pluviais deve-se à capacidade de plantas oportunistas sobreviverem em períodos de mudanças climáticas e perturbações geológicas, expandido seus domínios ou abrigando-se em refúgios quando as condições totais dos habitats são desfavoráveis. Essa é a premissa da “Teoria dos Refúgios”, a qual discute e tenta explicar os padrões vegetacionais do passado. Nos trópicos, durante o Terciário, a média anual de temperatura aumentou, enquanto as temperaturas em latitudes mais elevadas caíram. Durante o Quaternário, foram observados períodos mais secos e frios (glaciais) se contrapondo aos períodos mais úmidos e quentes (interglaciais).

Haffer & Prance (2002) relatam que ao longo da sub-bacia do Acre, há 53.000 anos atrás, ocorreu o dessecamento do sistema fluvial e lacustre da área, a qual representava uma planície de inundação. A comprovação deste fato foi possível através dos restos encontrados fauna que ocupou a área transformada em campina há 40.000 atrás. O Pleistoceno tardio foi marcado por secas, e a vegetação das florestas pluviais, como a localizada ao redor da Serra do Cachimbo, na Amazônia, acabou desaparecendo nesta época.

De fato, as evidências apontam que durante o Pleistoceno o clima propiciou um mosaico de florestas úmidas e secas, numa seqüência temporal entre vegetação de florestas fechadas e vegetação do tipo savana, as quais ocorreram desde o Terciário, nas terras baixas dos Neotrópicos, mantendo-se assim até o Holoceno. Nesse exemplo, é possível encaixar a teoria que classifica as florestas úmidas como refúgios, isto é, espaços isolados por diferentes tipos de savanas e florestas secas, numa época de temperaturas até 6°C abaixo da atual, enquanto o nível do mar estava até cerca de 120 metros mais baixo que o atual.

Os refúgios podem ser considerados como áreas relativamente estáveis ao longo do tempo, com condições suficientemente amenas para manter a vegetação mais exigente, ao passo que plantas menos flexíveis não se adaptariam às novas condições ambientais. Refúgios também são considerados corredores de expansão da floresta úmida (Haffer & Prance, 2002). A

teoria propõe que mudanças climáticas podem ter forçado a fragmentação de centros de origem das espécies e o isolamento de parte da biota em refúgios ecológicos (florestais ou não), independentemente da época. O processo teria sido contínuo ao longo do tempo geológico. Já as florestas de galeria, estas devem ser consideradas como promotoras do fluxo gênico entre as formações arbóreas e, provavelmente, apenas as espécies florestais ecologicamente e restritamente adaptadas seriam afetadas pela procura por sítios semelhantes aos de origem, pois é pouco provável que espécies ecologicamente flexíveis tenham sido isoladas em refúgios.

É provável que na Amazônia e em outras regiões tropicais do mundo, a distribuição e a composição de espécies de florestas úmidas e de florestas secas, bem como áreas não-florestadas, mudaram constantemente durante todo o Cenozóico e, mesmo antes, no Mesozóico. Seguindo esse raciocínio, espécies adaptadas a climas secos também puderam se estabelecer em ambientes, formando áreas abertas dentro e fora da floresta, ao passo que, tão logo a umidade retornou, as florestas ocuparam as áreas baixas e úmidas correspondentes aos ambientes antes secos. Assim, florestas úmidas e refúgios não-florestados foram recolonizados de acordo com os pulsos climáticos. Idéia aplicável tanto para o Quaternário, como para o Terciário e períodos anteriores (Haffer & Prance, 2002).

Porém, Colinvaux *et al.*(2000) discordam dessa teoria afirmando que as plantas responderam às mudanças no Pleistoceno como espécies e não como associações ou biomas. Defendem também a idéia de que a Amazônia já estava estabelecida desde o início do Pleistoceno, fato que, segundo os autores, é corroborado pela sua alta diversidade, além de sugerirem que a região não passou por períodos de seca. Advogam, ainda, que a resposta dada pelas plantas às modestas alterações climáticas deve ocorrer em relação à abundância de espécies dentro das formações para produzir diferentes associações, mais ou menos como o que pode ser observado nas formações modernas.

De fato, ao analisar os resultados obtidos nesse extenso trabalho, cabe aqui conservar ambas opiniões. De Haffer & Prance é considerada a discussão sobre a teoria dos refúgios, uma vez que essa explica a presença da flora fóssil em questão como resquício de uma mata úmida, em meio ao Cerrado. Matas úmidas modernas são consideradas uma das formações presentes nesse bioma (IBGE, 2002), e a presença do bioma Cerrado é confirmada através de estudos palinológicos relacionando floras fósseis vizinhas (Ledru *et al.*, 1998; Ledru, 1993; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997).

Quanto à opinião de Colinvaux *et al.*(2000)em relação à alteração nas espécies como consequência de modestas alterações no clima e, sua consequente produção de novas associações, cabe aqui também este raciocínio, uma vez que foi possível observar sensível

mudança nos elementos encontrados em ambos os níveis fossilíferos. Apesar da formação ter sido a mesma, nos níveis NF2 e NF1, isto é a de mata úmida, ambas estiveram tinham diferentes componentes.

Foi possível observar ainda que os táxons encontrados através dos morfotipos estabelecidos para o nível mais antigo, NF1, representavam elementos de uma mata galeria com alta influência de táxons da Mata Atlântica, como aliás é muito bem colocado no trabalho de Méio *et al.* (2003). Segundo aqueles autores, o bioma do Cerrado se estende como um corredor xérico, conectando o Chaco à Caatinga e ocupando uma região intermediária entre duas grandes florestas úmidas, no caso a floresta Amazônica e a floresta Atlântica, o que favorece também a conexão entre ambas. Esta conexão seria devida às flutuações climáticas que retrabalharam a distribuição espacial das plantas nessas formações e, de fato, o Cerrado passou por momentos frios-secos e quentes-úmidos, alternadamente, favorecendo a expansão e retração de florestas e formações abertas.

As conclusões deste trabalho corroboram ainda, outra colocação de Méio *et al.* (2003), uma vez que evidencia a presença maior de elementos próprios de floresta Atlântica, em contrapartida a uma presença menor de elementos da floresta Amazônica. De fato, parece que de acordo com a localização, quanto mais a noroeste do Brasil, uma dada flora teria, em sua composição, mais elementos amazônicos, enquanto que mais à leste, seria composta por mais elementos atlânticos. Faz sentido quando são relacionados os elementos encontrados no nível fitofossilífero mais antigo (NF1), da Paleoflora Catalão, composto por amostras com folhas denteadas e mumificadas, dando a noção de uma época mais fria e mais úmida. Os elementos tanto do nível NF2 como do NF2, possuem correspondentes modernos encontrados também na floresta Atlântica.

Atualmente, estudos comprovam a afinidade florística entre mata galeria do Cerrado e floresta Atlântica. Há, por exemplo, mais elementos atlânticos nessas matas úmidas do que elementos amazônicos. Essa relação pode estar conectada até mesmo com a possibilidade de sobrevivência das plantas após incêndios naturais, tão comuns no Cerrado, uma vez que os elementos amazônicos não têm a mesma capacidade de se reproduzir vegetativamente, como fazem os de floresta Atlântica (Méio *et al.*, 2003).

De fato, os resultados obtidos indicam que o Paleolago Cemitério apresenta uma flora constituinte de um tipo de formação florestal, no caso Mata de galeria, encontrada no Cerrado, a qual apresenta condição climática mais quente e seca do que aquelas sugeridas pelos dados palinológicos já levantados para a mesma região, no Pleistoceno Tardio (Figura 30), sendo possível perceber um resfriamento para esse período, conforme constatado para as latitudes entre

17°S e 22°S (Ledru *et al.*, 1998 e1993; Salgado-Labouriau *et al.* (1997). De fato, os resultados situam o nível mais recente (NF2) entre temperaturas mais altas do que as atuais, durante uma época de menor umidade (*Atual*: 22°C; *LMA*: 31,1°C; *CA*: 24,2°C; Pluviosidade: 90mm). No entanto, ainda que os estudos para o período que vai de 28.330 a 37.500 anos atrás sugiram temperaturas mais frias e úmidas do que aquelas inferidas pelo contexto do nível NF2, cabe aqui ressaltar que tais estudos envolveram análises de palinologia, as quais dão noção de uma escala regional, enquanto as análises realizadas nesta tese deram foco aos macrofósseis, os quais fornecem dados em escala local.

Para o nível mais antigo (NF1) é sugerida uma idade um pouco anterior a 40.000 anos. Segundo esta idade, os elementos dessa associação teriam vivido em um período de aumento de umidade, porém, com permanência de temperaturas baixas, tanto para a floresta Amazônica como para a floresta Atlântica e Cerrado. Essas estimativas paleoclimáticas corroboram os resultados obtidos para este nível, evidenciando uma época mais úmida e mais fria do que a atual (*Atual*: 22°C; *LMA*: 28,4°C; *CA*: 18,5°C; *Pluviosidade*: 265mm), provavelmente, correlacionando-se com os resultados indicados pelos dados relatados para 50.000 anos (Figura 29).

GÊNEROS	FORMAÇÕES MODERNAS			PALEOLAGO CEMITÉRIO	
	ATLÂNTICA	AMAZÔNIA	CERRADO	NF2	NF1
<i>Annona</i>	X	X	X	X	X
<i>Apeiba</i>	X				X
<i>Ardisia</i>				X	X
<i>Astronium</i>		X			X
<i>Bixa</i>				X	X
<i>Calyptanthes</i>	X			X	
<i>Caryocar</i>			X		X
<i>Caryodendron</i>					X
<i>Cecropia</i>	X	X		X	
<i>Cinammomum</i>	X				X
<i>Clusia</i>	X			X	
<i>Cordia</i>	X				X
<i>Cybianthus</i>	X			X	
<i>Dalbergia</i>	X		X		X
<i>Enterolobium</i>			X		X
<i>Eriotheca</i>	X	X			X
<i>Eugenia</i>	X	X	X	X	X
<i>Ficus</i>	X				X
<i>Glycidendron</i>					X
<i>Gomidesia</i>	X			X	
<i>Helicostylis</i>					X
<i>Jacaratia</i>					X
<i>Licania</i>	X	X			X
<i>Lindera</i>					X
<i>Litsea</i>					X
<i>Luehea</i>	X	X		X	X
<i>Maytenus</i>				X	X
<i>Miconia</i>	X		X		X
<i>Myrcia</i>	X	X		X	
<i>Nectandra</i>	X				X



<i>Ocotea</i>	X				X
<i>Oxandra</i>					X
<i>Piptadenia</i>					X
<i>Psidium</i>	X	X	X	X	X
<i>Rheedia</i>	X			X	
<i>Strychnos</i>			X	X	
<i>Styrax</i>	X		X	X	X
<i>Stryphnodendron</i>			X		X
<i>Symplocus</i>	X	X	X	X	X
<i>Uvaria</i>					X

Figura 29: Elementos constituintes de Mata de Galeria em três biomas brasileiros e nos níveis fitofossilíferos NF1 e NF2 do Paleolago Cemitério.

Na Figura 29 é possível observar que o NF1 compartilha 11 gêneros com matas de galeria na floresta Atlântica, sete com as da floresta Amazônica e seis com as do Cerrado, enquanto o NF2 compartilha 17 gêneros com a floresta Atlântica, oito com a Amazônica e nove com o Cerrado. Embora ambos os níveis apresentem maior afinidade com elementos de Floresta Atlântica do que com as demais formações, o NF1 ainda demonstra maior relação como já era esperado, pois nesse nível foram encontradas folhas próprias de ambiente mais úmido e mais frio. Pode-se concluir que a formação sugerida, i.e., mata de galeria, é a mesma pra o Pleistoceno tardio assim como para o atual, porém há diferença na sua composição, fato também esperado, pois, as mudanças climáticas não foram suficientemente rígidas para transformar o ambiente de maneira drástica a afetar o tipo de formação florestal, mas afetou a composição da formação, provocando alteração em seus elementos, proporcionando uma nova combinação à formação.

DATAÇÃO (mil anos)	EVIDÊNCIA	CLIMA (em relação ao atual)	COORDENADAS
3.600	Aumento Melastomataceae, floresta mesofítica semidecídua	Mais úmido, condições climáticas modernas	19°S – 46°W
4.300	Floresta em abertura com presença de Poaceae (talvez atividade humana)	Úmido	26°S – 46°W
5.000 a 3.500	Presença homem, vegetação com aspecto moderno	Seco	17°S – 49°W
5.000	Intervalo árido com expansão de floresta mesofítica semidecídua	Seco	19°S – 46°W
5.500 a 4.500	Baixa frequência de táxons arbóreos, aumento táxons herbáceos, com forte estresse hídrico	Longa estação seca	19°S – 46°W
6.720	Decréscimo de taxa herbáceo, aumento pólen arbóreos: <i>Myrsine</i> , <i>Clusia</i> , <i>Weinmania</i> e pteridófitas	Úmido tipo floresta tropical	26°S – 46°W
8.500	Pólen elementos de floresta mesofítica semidecídua	Mais quente e seco	19°S – 46°W
9.200 a 8000	<i>Araucaria</i> , <i>Ilex</i> , Melastomataceae, <i>Podocarpus</i> , <i>Symplocus</i> , <i>Drymis</i> , elementos que indicam floresta de <i>Araucaria</i> como a moderna	Frio sem estação seca, invernos com –10°C	19°S – 46°W
10.400 a 6.500	Alta decomposição e pobre preservação com evidência de alta incidência de incêndios	Seco	17°S – 49°W
10.440	Redução táxons arbóreos e domínio de herbáceos	?	19°S – 46°W
11.000 a 10.000	Desaparecem florestas de <i>Araucaria</i>	?	19°S – 46°W
12.000	Aumento elementos floresta de <i>Araucaria</i>	Mais frio e úmido	19°S – 46°W
12.200	Myrtaceae, Melastomataceae, Arecaceae, <i>Myrsine</i> , <i>Ilex</i> , Moraceae, pouco pólen de <i>Symplocus</i> e <i>Podocarpus</i> ,	Mais úmido	26°S – 46°W

	muitos esporos de pteridófitas.		
12.890 a 10.350	Aumento Myrtaceae, táxons de frio (Araucaria, Drymis)	Mais frio	
14.300	Decréscimo na taxa de pólen herbáceo aumento de <i>Symplocus</i> e <i>Ilex</i> e <i>Cyathea</i>	?	26°S – 46°W
14.000	Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae com depósitos de turfa	Seco com umidade localizada.	17°S – 49°W
16.800 a 14.230	Redução táxons arbóreos decresce Myrtaceae e demais táxons de planície de inundação	?	19°S – 46°W
17.000 e 14.000		Mais seco	19°S – 46°W
18.500 a 11.300	Vegetação esparsa com declínio da umidade	Seco	17°S – 49°W
21.000	?	Mais seco	15°S – 47°W
26.000 a 17.000	<i>Araucaria</i> , <i>Podocarpus</i> e <i>Drymis</i> , transição entre ambiente seco para úmido	Alta umidade	22°S – 45°W
28.740 e 16.800	Interrupção da sedimentação	?	19°S – 46°W
28.740 ± 1500	Igapó com presença <i>Podocarpus</i> e domínio Myrtaceae	Frio	19°S – 46°W
30.000	Pólen de táxons de floresta tropical	Mais quente e úmido	19°S – 46°W
27.500 a 14.500	Início UGM (Último Glacial Máximo)	?	26°S – 46°W
32.400	Domínio de <i>Mauritia</i> (veredas), Cerrado arborescente com floresta de galeria e presença sistemática de fogo.	Média anual ca. 15°C, estações seca e úmida	17°S – 49°W
32.000 a 18.000	<i>Podocarpus</i> , hiato sedimentar, volta em 18.000	Mais frio	0°S – 49°W
32.000 a 28.300	Presença campos de altitude	Clima úmido e frio	17°S – 49°W
34.700 a 27.500	Mata galeria com elementos de Cerrado e pteridófitas adaptadas ao fogo.	Mais quente, mais seco	18°S – 47°W
37.500 a 29.700	Domínio Poaceae, Asteraceae (campos) e presença Myrtaceae, Melastomataceae, <i>Myrsine</i> , <i>Ilex</i> , <i>Simplocus</i>	5° a 7°C mais frio, mais seco	26°S – 46°W
+ 40.000	Mata galeria com elementos de floresta Atlântica e presença de folhas denteadas	Mais frio, mais úmido	18°S – 47°W
50.000	Domínio de floresta úmida, mascarando elementos de Cerrado do entorno	Úmido	5° N – 47°W

Figura 30: Datas, condições climáticas e coordenadas das floras fósseis relacionadas para o Brasil, com base nos dados fornecidos por Ledru *et al.* (1998), Ledru (1993), Salgado-Labouriau *et al.* (1997), Behling & Negrelle (2001) e Haberle & Marlin (1999). Em cinza os dados relativos às associações fossilíferas (NF1 e NF2) do Paleolago Cemitério, Catalão, GO.

## 11.2 Análise de macrofósseis vegetais

### 11.2.1 Tafofloras

A Associação Fitofóssil do Paleolago Cemitério permitiu, através de seus fósseis e sedimentos, o diagnóstico de, pelo menos, dois momentos da existência de uma biota vegetal na região de Catalão em Goiás.

O nível mais recente, NF2, mostra uma tafoflora que se enquadra como uma mata pluvial subtropical, apresentando características de uma zona de transição entre a mata pluvial tropical e as savanas. Entre outras características, esse tipo de vegetação, atualmente, comporta árvores de porte ereto com até 20 metros de altura, poucas lianas, maior percentual de folhas compostas, micrófilas, com margem inteira e nervuras broquidódromas, características essas não

necessariamente reunidas num mesmo tipo foliar. Tal conjunto de informações diagnostica um paleoclima subtropical com ar e solo mais secos e um paleoambiente semelhante ao do Cerrado. Nesse diagnóstico, pode ser encaixada a associação do nível fitofossilífero NF2, no qual foram encontradas em sua maioria, folhas com margem inteira, primeira nervura pinada, segunda nervura broquidódroma a broquidódroma fraca, e tamanho notófilo como maioria dos exemplares destaca. A análise paleoclimática também pende para a existência de um clima subtropical, com a média anual de temperatura mais quente que as atuais, verões mais secos e invernos mais úmidos, de provável ocorrência local.

Para o nível NF1, o mais antigo, foi possível constatar também um tipo de formação florestal muito semelhante àquela encontrada em NF2, porém, composta por diferentes elementos. Neste nível foram encontradas folhas com margem recortada, isto é, irregulares, primeira nervura pinada a actinódroma e segunda nervura broquidódroma a actinódroma, e de tamanho notófilo destacado. A análise paleoclimática pende para a existência de um clima subtropical úmido sendo que a média anual de temperatura mostrou-se mais fria que a atual, com verões e invernos mais frios e mais úmidos que os atuais.

Na presente tese foi levado em conta alguns indicadores paleoclimáticos. Parte das análises está baseada em morfotipos e, embora a ocorrência desses morfotipos tenda a se repetir, diversos são os táxons (Figura 10) naturais que neles se encaixam, assim o afloramento Paleolago Cemitério pode ser considerado rico em tipos.

Baseando-se no fato de que as zonas tropicais se destacam por apresentar elevado número de espécies (Garay & Rizzini, 2004), a leitura, à partir desse tipo de informação, pode levar ao diagnóstico geral de que se trata de um fragmento de mata tropical, uma vez que é uma tafoflora rica em tipos, sobretudo em formas arborescentes, e que pode ser atribuída a uma alternância de períodos climáticos de maior umidade e baixas temperaturas até chegar a uma época mais quente e seca, conforme indica a Figura 30.

### *11.2.2 Definição dos morfotipos*

O impulso gerador da criação dessa metodologia foi a necessidade de um tipo de guia que promovesse a rápida identificação dos fósseis vegetais, ainda no local de coleta, uma vez, que a oferta de material era imensa.

Inicialmente, foi idealizada uma forma de concretizar fisicamente os modelos de folhas de angiospermas que realmente existem na natureza, independente do tipo de ambiente. De qualquer forma uma busca à bibliografia pertinente sobre tipos foliares, bem como a averiguação, tanto em herbário como na natureza, e o reconhecimento dos principais táxons

fósseis já identificados para o Terciário e Quaternário do Brasil, tornou possível a intimidade com os prováveis tipos possíveis de serem encontrados para aquela região.

Em campo foram selecionadas aquelas amostras que tivessem condições apropriadas de identificação baseada nas categorias de características como margem foliar e nervuras. As categorias de tamanho foliar e tipo de preservação também foram avaliadas através ficha-controle, mas para fins estatísticos. O guia prático de campo, bem como a ficha-controle, permitiram o registro do maior número de tipos possível.

A base para a elaboração dos morfotipos está, acima de tudo, relacionada à combinação das características de margem e nervura foliar, pois estas são características inatas aos espécimes. O tamanho foliar também é característica inata, porém, o guia não a contempla. Já o tipo de preservação não é inato ao vegetal, mas sim às condições ambientais, e serviu como base para algumas informações de cunho tafonômico.

### 11.2.3 Análise da Margem Foliar (LMA) e Análise de Coexistência (CA)

Para a discussão dos resultados dessas duas metodologias (Figura 31), se faz necessário a comparação entre a eficácia de ambas. Assim temos:

NÍVEL	Temperatura Média Anual/ Precipitação Média Anual	2007	PLEISTOCENO	
			CA	LMA
NF2	TMA	22°C	24,2°C	31,1
	PMA	124mm	90mm	—
NF1	TMA	22°C	18,5°C	28,4°C
	PMA	124mm	265mm	—

Figura 31: Situação das médias de temperaturas e pluviosidade para os Níveis 1 e 2.

Ao analisar os resultados obtidos, à partir de ambos os métodos, ou seja, Análise de Coexistência (CA) e Análise de Margem Foliar (LMA), é possível observar que o nível fitofossilífero mais recente, isto é, NF2, indica um ambiente que esteve sob uma influência de um paleoclima mais seco e mais quente do que o observado para o clima atual da região. Sua temperatura média anual era, pelo menos, cerca de 2,2°C mais alta do que a atual, que é de 22°C, enquanto a pluviosidade era cerca de 34mm mais baixa do que a atual, que é de 124mm. Durante o verão, a temperatura máxima era cerca de 3°C mais alta, enquanto a mínima era em torno de 2°C mais alta, durante o inverno (resultados do CA). Portanto, durante o período entre 34.700 a

27.500 anos atrás, isto é Pleistoceno tardio, aquela localidade teria estado sob o regime de um clima mais seco que o atual.

Ao analisar os resultados obtidos para o nível NF1, também à partir de ambos os métodos, é possível observar que o nível fitofossilífero mais antigo indica um ambiente que esteve sob influência de um paleoclima mais úmido e, também, mais frio do que o constatado para o clima atual da região. Sua temperatura média anual era, pelo menos, cerca de 4°C mais baixa do que atual, que é de 22°C, enquanto a pluviosidade era cerca de 141mm mais alta do que a atual, que é de 124mm (resultados do CA). Durante o verão, a temperatura máxima era cerca de 5°C mais alta do que a atual. Porém, durante o inverno, as temperaturas mínimas eram cerca de 16°C mais baixas do que a dos invernos atuais (resultados do CA). Portanto, há cerca de 40.000 anos atrás, isto é Pleistoceno tardio, aquela localidade teria estado sob um regime de clima tropical a subtropical-úmido.

Ao que parece, o método LMA inferiu temperaturas mais altas do que o método CA, na comparação para ambos os níveis, e por conseguinte, na comparação com a atual.

Porém, ainda que o LMA denuncie uma temperatura média mais baixa para o NF1 do que para o NF2, o CA parece se aproximar mais da realidade paleoclimática obtida junto aos demais resultados. Embora o LMA trabalhe com margem foliar, e seus cálculos estejam baseados nesta característica, seus resultados se encaixam na premissa de que margem inteira está relacionada com um ambiente mais quente e seco, conforme demonstrado para o NF2, com temperaturas mais altas e pluviosidade mais baixa que o NF1.

Assim, a realidade paisagística para o nível mais antigo está claramente explicada pelo tipo foliar lá encontrado, e quando se juntam os resultados obtidos, fica clara a relação entre folhas denteadas e clima úmido e frio.

A relação parece estar firmada também para o nível NF1, pois, na comparação dos resultados, fica óbvio a presença de folhas de margem inteira relacionadas a um clima mais quente e seco, conforme o que já é defendido pelos que pesquisam as relações clima *versus* a morfologia foliar.

### **11. 3 Paleoambiente**

No afloramento Paleolago Cemitério foram encontradas evidências da existência de vários grupos de microorganismos, tais como esponjas, algas diatomáceas e algas dos gêneros *Pediastrum* e *Bothryococcus*. Foi possível, também, confirmar a existência de bactérias anaeróbias, próprias de fundo de corpo d'água, à partir da presença de pirita organógena e matéria orgânica amorfa, resultado da atividade bacteriana dessas.

A presença desses microfósseis nos sedimentos provenientes dos depósitos do Afloramento Paleolago Cemitério, vem a confirmar a origem desse paleoambiente, isto é, um ecossistema dulciaquícola, mais precisamente um lago, ou uma pequena lagoa continental.

Outros microfósseis, tais como esporos de fungos, pólenes bissacados, pólenes de gramíneas e pteridófitas, também indicam a possível paleopaisagem da região circundante a esse lago, enquanto os macrofósseis indicam a vegetação existente do entorno imediato do paleolago.

Como citado anteriormente, lagos podem ser formados por movimentos diferenciados da crosta terrestre, bem como adventos ocorridos na superfície desta. Seguindo esse preceito, o Paleolago Cemitério é classificado como um lago de dissolução, os quais são lagos resultantes do acúmulo de água em depressões formadas devido à solubilização de rochas calcárias, de cloreto de sódio (salgema) ou de sulfato de cálcio (gipsita). O agente solubilizador ou de erosão pode ser a tanto água da chuva como a água subterrânea. Esse tipo de rocha, normalmente, tem sua ocorrência associada a regiões as quais, no passado (Terciário) predominou um clima mais quente do que o atual (Esteves, 1998).

De acordo com as análises taxonômicas, é possível visualizar uma paisagem típica de mata de galeria, isto é típica vegetação ocorrente em torno de corpo aquoso, possivelmente um lago ou uma lagoa, onde havia uma comunidade de algas silicosas, isto é, diatomáceas, bem como esponjas dulciaquícolas, entre outros organismos.

A formação vegetacional do entorno do lago, era possivelmente, circundada por campo, e esta interpretação se deve às atuais formações de matas úmidas ou de galeria encontradas no Cerrado atual, onde campos secos são transacionalmente substituídos por campos úmidos até estes serem substituídos por mata de galeria à medida que o relevo permite o acúmulo de água no solo.

Sobre esses campos secos é comum a ocorrência de incêndios naturais, com alguma frequência e, possivelmente, era o que ocorria no Pleistoceno tardio para essa região. A presença desse fenômeno foi percebida através de duas maneiras: (a) através presença de folhas carbonizadas nos sedimentos, e a confirmação foi comprovada através da análise geoquímica que constatou a presença de fusenita (Lâmina 4) resultante da queima do mesófilo foliar (Cardoso & Iannuzzi, 2006); (b) através da constatação de atividade microbiana, própria de bactérias de ambientes anóxicos, que deixaram na superfície inferior dos fragmentos foliares, restos de seu metabolismo na forma de pirita organógena. Através deste fato pode-se concluir que as folhas precipitaram num corpo d'água com suficiente profundidade e estabilidade, a qual não permitiu a renovação da carga de oxigênio em sua parte mais profunda.

O fato de se encontrar material carbonizado pode indicar uma adaptação pretérita de algumas espécies à condição de incêndios naturais regulares, como ocorre no Cerrado atualmente (Cardoso & Iannuzzi, 2006).

#### 11.4 Análise de Microfósseis

No afloramento Paleolago Cemitério, segundo as identificações feitas pela Dra. C. Volkmer-Ribeiro e pela Bióloga V. Machado (com. pessoal), foram encontradas, a partir de análise preliminar do nível NF1, o mais antigo, 42 espécies de algas diatomáceas distribuídas em 20 gêneros, com predominância de táxons planctônicos e de pequeno tamanho, pertencentes aos gêneros *Discostella*, *Fragilaria*, *Staurosirella* e *Achanthidium*. Duas espécies, as quais possuem hábito meroplanctônico (parte do ciclo de vida flutuante junto ao plâncton e parte não) foram abundantes (*Aulacoseira granulata* e *A. ambigua*). Estes são organismos cosmopolitas, comuns em corpos d'água mesotróficos a eutróficos. Esses táxons requerem ambientes com relativa turbulência para manterem-se em suspensão na coluna d'água, porém, possuem parede celular constituída de uma dupla carapaça fortemente silicificada, o que os faz precipitar rapidamente, após a morte. Dessa forma, quando fósseis desse organismo são encontrados em depósitos como os do Paleolago Cemitério, estes permitem a interpretação sobre um paleoambiente com corpo d'água lântico e de águas pouco profundas, ou seja, um lago raso suscetível à mistura promovida pelo regime eólico (Volkmer-Ribeiro & Pauls, 2000; Volkmer-Ribeiro & Motta, 1995).

As amostras correspondentes à camada fitofossilífera seguinte, NF2, apresentam considerável quantidade de megascleras e gemoscleras, abundância de diatomáceas do gênero *Aulacoseira*, evidenciando um período de clima sazonal com chuvas mais freqüentes, coluna de água mais profunda (progressão do Lago Cárstico?) e com o estabelecimento de macrófitas, no mínimo, marginais, de acordo com as interpretações de Volkmer-Ribeiro e Machado (com. pessoal). A profundidade do lago foi aumentando, conforme também indica a presença do espesso diatomito laminado. Esse momento teria sido muito favorável ao estabelecimento de esponjas de água doce configurando num ambiente, provavelmente, similar ao das lagoas encontradas atualmente no Cerrado.

Quanto às diatomáceas, foram encontradas espécies tais como *Gomphonema* cf. *affine* Kützing, a qual é dulcícola, limnobiônica, isto é, ocorre apenas em águas paradas, sendo também planctônica e alcalinófila (sua maior abundância ocorre com pH>7), é também uma espécie tolerante à elevada condutividade e a condições salobras, assim como às concentrações muito baixas de nitrogênio orgânico que requer ambientes com boa oxigenação. É considerada uma espécie mesotrófica ocorrendo tanto em corpos d'água, como também em ambientes

alagados e úmidos (Dunagan, 1999; Harrison 1988). A interpretação paleoambiental, a despeito da presença dessa espécie, indica ambiente com a presença de águas alcalinas, em corpo d'água raso ou margem de ambiente profundo (Hermany, com. pessoal).

Num resumo sobre a evolução desse corpo d'água, através dos microfósseis de espículas de esponjas e carapaças de diatomáceas, foi possível perceber uma oscilação na profundidade da lâmina d'água relacionada à presença de esponjas durante uma fase mais rasa do lago, correspondente ao NF1, enquanto a presença de diatomáceas pode estar associada, tanto a um ambiente de corpos d'água rasos, como às margens de lagos profundos, como no caso de NF2. A análise da profundidade desse paleolago não esteve ao alcance dos objetivos neste trabalho, uma vez que o foco foi dado a outras variantes, mas a presença ou ausência desses microorganismos parece indicar um maior ou menor aporte de água, o qual provavelmente esteve relacionado com as condições de pluviosidade regional.



## 12. CONCLUSÕES

O afloramento Paleolago Cemitério está constituído por depósitos de diatomitos e espongilitos, os quais apresentam inúmeras carapaças de algas diatomáceas e espículas de esponjas. Comunidades de diversos microorganismos viveram nesse antigo lago que tinha ao seu redor uma comunidade vegetal, representada pelos seus megarestos.

Segundo os resultados foram encontrados, no Paleolago, dois níveis fitofossilíferos: NF1 e NF2. Através da aplicação do guia de morfotipos, foi possível observar que o Nível NF2 apresentou fósseis com características próprias de ambiente mais úmido e mais frio do que o ocorrido para os dias atuais na localidade de Catalão, GO. No entanto, o Nível NF1 apresentou fósseis com folhas de elementos próprios de ambiente com temperaturas mais elevadas e menor umidade do que aquelas encontradas, atualmente, para a mesma localidade.

Através dos resultados provenientes das análises taxonômicas, é possível concluir que os fósseis encontrados no afloramento Paleolago Cemitério eram componentes de uma Mata de Galeria, isto é, uma fisionomia ribeirinha associada a curso de água e com forte correlação com as florestas semidecíduas montanas do sudeste brasileiro.

Foram encontrados fósseis relacionados a elementos tais como: *Annona*, *Apeiba*, *Ardisia*, *Astronium*, *Bixa*, *Calyptanthes*, *Caryocar*, *Caryodendron*, *Cecropia*, *Cinammomum*, *Clusia*, *Cordia*, *Cybianthus*, *Dalbergia*, *Enterolobium*, *Eriotheca*, *Eugenia*, *Glycidendron*, *Gomidesia*, *Helicostylis*, *Jacaratia*, *Licania*, *Lindera*, *Litsea*, *Luehea*, *Maytenus*, *Miconia*, *Myrcia*, *Nectandra*, *Ocotea*, *Oxandra*, *Piptadenia*, *Psidium*, *Rheedia*, *Strichnos*, *Styrax*, *Symplocus* e *Uvaria*, os quais são, atualmente, encontrados em formação mata de galeria nos Biomas brasileiros: Floresta Atlântica, Floresta Amazônica e Cerrado.

Os depósitos de diatomitos, dos quais os megarestos são provenientes, foram datados através do método de Termoluminescência (TL) e Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), sendo que o resultado sugere uma datação de 27.400 a 34.700 anos atrás para o NF2 e mais de 40.000 anos atrás para o NF1, mais precisamente, Pleistoceno. A bibliografia consultada corrobora para as condições climáticas do NF1, informando que há 50.000 anos atrás o clima era mais úmido e frio do que o atual. Porém, diverge para o NF1. No entanto, é importante ressaltar que os estudos até então realizados foram baseados em dados palinológicos, os quais dão informações regionais, enquanto os dados analisados nesta tese são provenientes de megarestos, os quais são mais precisos a nível local.

### 13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reconstrução da paleopaisagem existente na localidade atualmente conhecida como Catalão, Centro-oeste do Brasil, durante o Pleistoceno tardio, remete o observador a um ambiente lacustre, isto é, um lago, no qual vivia uma comunidade própria de fitoplâncton, enquanto no seu entorno estava estabelecida uma comunidade vegetal composta por angiospermas adaptadas a um ambiente de solo úmido, isto é, uma mata ribeirinha.

O sedimento encontrado apresenta espículas silicosas de esponjas e frústulas, também silicosas, de diatomáceas, e é muito comum região Centro Oeste do Brasil, na Bacia do Paraná, onde é chamado de “terra-de-pó-de-mico”, bem como em outras regiões do mundo, como Kieselguhr (Alemanha), Moler (Dinamarca), Trípoli (Rússia). Gais (França). A existência deste sedimento, no afloramento estudado, nos dá uma noção do paleoambiente que perpassa pela conclusão de que o lago teve uma significativa profundidade, não avaliada neste trabalho. E, com o passar do tempo sofreu assoreamento tornando-se mais raso, ou teve diminuído seu aporte de água. A dedução vem do fato de que diatomitos se formam em ambientes restritos ou semi-restritos, de águas calmas, estando associados a lagos onde a entrada de sedimentos clásticos da bacia circundante, é baixo (Hermany, informação pessoal).

Segundo as análises, pelo menos um dos gêneros de diatomáceas encontrado em abundância no afloramento, tem hábito planctônico e é considerado pelos estudiosos um indicativo de águas profundas. Embora o limite de água seja indefinido para este tipo de organismo, o mais seguro seria entendê-lo como dependente da existência de uma zona fótica no seu ambiente, caso contrário, não sobrevive. Assim, ao considerarmos que a profundidade deste lago está relacionada com a existência das algas diatomáceas, deve ser considerado, também, o alcance da luminosidade na lâmina d'água. Embora não tenhamos, no momento, definições sobre essa profundidade, talvez num futuro próximo novas pesquisas revelem esse dado.

A definição do clima pretérito, à partir das metodologias utilizadas neste trabalho, une interesses na busca de informações saciando assim a curiosidade sobre como era composta a paisagem pretérita daquela localidade, bem como pode nos auxiliar no entendimento das mudanças climáticas pelas quais os planeta está passando.

O clima é, sem dúvida, o tema do momento e os seres vivos têm testemunhado as rápidas mudanças climáticas que atingem, catastróficamente, as populações em todo o planeta. De fato a vegetação tem sua distribuição estreitamente relacionada ao clima e,

consequentemente, a distribuição dos animais está relacionada à vegetação e, assim a cadeia está formada há milhares de anos.

Exemplo desta complexidade pode ser encontrado na composição da Floresta Atlântica, a qual é constituída por elementos provenientes da Floresta Amazônica, os quais remontam a relíquias de uma migração passada da Hiléia pelo litoral, descendo até a costa do Rio de Janeiro, dando idéia de uma época com certeza mais úmida, quando dessa migração, intercalada com períodos secos nos quais avançavam as savanas próprias desse tipo de clima.

As inferições sobre paleovegetações, geralmente, são feitas através da comparação com as floras modernas, tanto morfológicamente como ecologicamente, na busca do entendimento de padrões atuais, na esperança de que estes tenham se repetido em floras antigas. No entanto, isso pode mascarar a realidade das paleofloras estudadas. Portanto, o uso de diversas ferramentas na busca da reconstrução das paleopaisagens é imprescindível para diminuir as diferenças ocultas entre os dados atuais e pretéritos.

## 14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. (1982). The paleoclimate and paleoecology of Brazilian Amazonia. In: Prance, G.T. (ed.), *Biological Diversification in the Tropics*. Columbia University Press, New York, 41-59.
- AULER, S.A., PILÓ, L.B. & SAADI, A. (2005) Ambientes Cársticos, Cap. 15. In: Souza, C.R.G., Suguio, K. & Oliveira, P.E. (Eds.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto, SP. Holos Ed. 382 p.
- BAYLEY, I.W. & SINNOTT, E.W. (1915). A botanical index of Cretaceous and Tertiary climates. *Science*, 41: 831-834.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_ (1916). The climatic distribution of certain types of angiosperm leaves. *American Journals of Botany*, 3: 24-39.
- BEERLING, D.J. (1998) The Future as the Key to the Past for Palaeobotany? *Tree*, 13(8): 311-316.
- \_\_\_\_\_ & NEGRELLE, R. (2001) Tropical Rain Forest and Climate Dynamics of the Atlantic Lowland, Southern Brazil, During the Late Quaternary. *Quaternary Research*, 56: 383-389.
- BEHRENSMEYER, A.K., DAMUTH, J.D., DiMICHELLE, W.A., POTTS, R., SUES, H.D. & WING, S.L. (1992). Terrestrial ecosystems through time – *Evolutionary paleoecology of terrestrial plants and Animals*. Ed. Anna K. Behrensmeyer *et al.* The University of Chicago Press.
- BERRY, E.W. (1916). The lower Eocene floras of southeastern North America. *United States Geological Survey Professional Paper 91*:1-481.
- BIRD, M.I. (1997). Fire in the Earth Sciences. *Episodes 20*: 223-226.
- BIRKS, H.H. (2001) Plant Microfossils in Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. *Kluwer Academic Publishers*, 3: 49-65.
- BERNER, R.A. & CANFIELD, D.E. (1989). A new model for atmospheric oxygen over Phanerozoic time. *American Journal of Science*, 289: 333-361.

- BLACKHURN, D.T., SLUITER, I.R.N. (1994). The Oligo-Miocene floras of southeastern Australia. In Hill, R.S. (Ed.). *History of the Australian Vegetation: Cretaceous to Recent*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 328-367.
- CANNY, M.J., 1990. What becomes of the transpiration stream? *New Phytologist* 114:341-368.
- CARDOSO, N. & IANNUZZI, R., 2005. Pteridófitas Fósseis do Complexo Carbonatítico Catalão I, Goiás. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9 (3): 303-310.
- CARDOSO, C.M.V. & SAJO, M.G. (2004) Vascularização Foliar e a Identificação de Espécies de *Eugenia* L.(Myrtaceae) da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, PR. *Revista Brasileira de Botânica*, 27(1): 47-54.
- CHALONER, W.G. (1989). Fossil charcoal as an indicator of palaeoatmospheric oxygen level. *Journal of Geology Society of London*, 146: 171-174.
- CHANEY, R.W. & SANBORN, E.I. (1933). The Goshen flora of west central Oregon. *Carnegie Institution of Washington Publication* 439: 1-103.
- CLARK, J.S. (1988). Particle motion and the theory of charcoal analysis: source area, transport, deposition and sampling. *Quaternary Research*, 30:67-80.
- COLINVAUX, P.A., DE OLIVEIRA, P.E. & BUSH, M.B. (2000) Amazonia and Neotropical Plant Communities on Glacial Time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Sciences Reviews*, 19: 141-169.
- COLINSON, M.E. (1996). What use are fossil ferns? – 20 years on: with a review of the fossil history of extant petridophyte families and genera. In: Camus, J.M., Giggy, M. Johns, R.J. (Eds.) *Pteridology in Perspective*. Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 349-394.
- COPE, M.J. & CHALONER, W.G. (1980). Fossil charcoal as evidence of past atmospheric composition. *Nature*, 283:647-649.
- CRANE, P.R. & HERENDEEN, P.S. (1996). Cretaceous floras containing angiosperm flowers and fruits from eastern North America. *Review of Paleobotany and Palynology*, 90:321-340.

- CRUTZEN, P.J. & GOLDMMER, J.G. (Eds.) (1993). Fire in the Environmental: the Ecological, Atmospheric and Climatic Importance of Vegetation Fires. Dahlem Workshop. *Reports. Environmental Science Research Reports n 13*. Wiley, Chichester.
- DEAN, J.M. & SMITH, A.P. (1978). Behavioral and morphological adaptations of a tropical plant to high rainfall. *Biotropica* 10:152-154.
- DE OLIVEIRA, P., FRANCA BARRETO, A.M. & SUGUIO, K. (1999) Late Pleistocene/Holocene Climatic and Vegetation History of the Brazilian Caatinga: the Fossil Dunes of the Middle São Francisco River. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 152: 319-337.
- DILCHER, D.L., 1974. *The Botanical Review*, 40(1): 1-157.
- DOLIANITI, E. 1948. A Paleobotânica no Brasil. Rio de Janeiro, DNPM, *Divisão de Geologia e Mineralogia*, p. 1-87. (Boletim 123).
- \_\_\_\_\_, (1949). Contribuição à Flora Pliocênica de Fonseca, Minas Gerais II. Na. *Academia Brasileira de Ciências*. 21(3):239-244.
- \_\_\_\_\_, (1950). Contribuição à Flora Pliocênica de Fonseca, Minas Gerais II. Na. *Academia Brasileira de Ciências*. 22(3):303-306.
- \_\_\_\_\_, (1955). Frutos de *Nypa* no Paleoceno de Pernanbuco, Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia DNPM*. 158:1-36
- DONOVAN, S.K. (Ed.) (1991). *The Process of Fossilization*. London: Belhaven Press. 350 p.
- DRINNAN, A.N., CRANE, P.R., FRIIS, E.M. & PEDERSEN, K.J. (1990). Lauraceous flowers from the Potoniac group (mid-Cretaceous) of eastern North of America. *Bot. Gazet.* 151: 370-384
- DUARTE, L. (1956). Melastomataceae Fósseis da Bacia Terciária de Fonseca, Minas Gerais. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, Rio de Janeiro*, 161: 9-27.
- \_\_\_\_\_, (1958). Annonaceae Fósseis da Bacia Terciária de Fonseca, MG. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, Rio de Janeiro*, 178:7-27.

- \_\_\_\_\_ (1987). Restos Foliare de Angiospermae da Serra de Paituna, PA. *Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia*. SBP, RJ, (2): 859-884.
- \_\_\_\_\_ & NOGUEIRA, M.I.M. (1980). Vegetais do Quaternário do Brasil I - Flórlula de Russas – CE. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52(1): 37-48.
- \_\_\_\_\_ & VASCONCELOS, M.E.C. (1980). Vegetais do Quaternário do Brasil II – Flórlula de Umbuzeiro, PB. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52(1): 93-108.
- \_\_\_\_\_ & MELLO-FILHA, M.C. (1980). Flórlula Cenozóica de Gandarela, MG. I. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52(1): 77-91.
- \_\_\_\_\_ & NOGUEIRA, M.I.M. (1985). Vegetais do Quaternário do Brasil III - Flórlula do Morro do Chapéu – BA. In *Congresso Brasileiro de Paleontologia, Série Geologia 27*, Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2. Brasília, DF. p. 573-578.
- \_\_\_\_\_. & REZENDE-MARTINS, A.F.P. (1985). Contribuição ao conhecimento da flora cenozóica do Brasil, SP. Série Taubaté. In *Congresso Brasileiro de Paleontologia, Série Geologia 27*, Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2. Brasília, DF. p. 565-571.
- \_\_\_\_\_ & MANDARIM-DE-LACERDA, A.F. (1989). Flora Cenozóica do Brasil: FM Tremembé. Bacia de Taubaté, SP II: *Luehea nervaperta* n.sp. (Tiliaceae). *Anais do XI Congresso Brasileiro de Paleontologia*. Vol. 1. Curitiba, PR.
- \_\_\_\_\_ & MANDARIM-DE-LACERDA, A.F. (1992). Flora Cenozóica do Brasil: FM Tremembé. Bacia de Taubaté, SP I: Celastraceae, Loganiaceae e Typhaceae. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*. 64 (1):29-41.
- DUTRA, L.T. (2004). Paleofloras da Antártica e sua relação com os eventos tectônicos e Paleoclimáticos nas altas latitudes do Sul. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(3): 401-410.
- ESTEVEES, F.A. (1998). A Gênese dos Ecossistemas Lacustres, Cap. 5 In: Esteves, F.A., *Fundamentos de Limnologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro – Ed. Interciência. 63 – 103p.
- FITTIPALDI, C.F. & RÖESLER, O., 1987. As plantas fósseis como indicadores paleoclimáticos. SBP., RJ. *Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia* (2): 925-936.
- FONTENELLE, G.B., COSTA, C.G. & MACHADO, R.D. (1994). Foliar Anatomy and Micromorphology of Eleven Species of *Eugenia* L. (Myrtaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 115: 111-133.
- FOSBERG, M.A., GOLDAMMER, J.G. RIND, D., PRICE, C. (1993). Effects on forest ecosystems and wildfire severity. In: Crutzen, P.J., Goldammer, J.G. (Eds.), *Fire in the Environment: the Ecological, Atmospheric and Climatic Importance of Vegetation Fires*.

- Dahlem Workshop Reports. *Environmental Science Research Reports n 13*. Wiley, Chichester, pp. 463-486.
- FRANCO-DELGADO, SG. & BERNARDES-de-OLIVEIRA, M.E. (2004). Annonaceae e Lauraceae da Formação Entre-Córregos (Paleógeno) na Bacia de Aiuruoca: Implicações paleoclimáticas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7(2): 117-126.
- GARAY, I. & RIZZINI, C.M. (Org.) (2004). *A Floresta Atlântica de Tabuleiros – Diversidade Funcional da Cobertura Arbórea*. 2ª Ed. Petrópolis, RJ. Ed. Vozes, 255 p.
- GASTALDO, R.A., PFEFFERKORN, H.W. & DiMICHELE, W.A. (1995). Taphonomic and sedimentologic characterization of “roof-shale” floras. *GSA Memoir 185*: 341-352.
- GASTALDO, R.A. (1988). Conspectus of Phytotaphonomy. *Paleontological Society Special Publication 3*:14-28.
- GIVNISH, T. J. & VERMEIJ, G. (1976). Sizes and shapes of liane leaves. *American Naturalist*, 110: 743-776.
- GIVNISH, T.J. (1979). On the adaptative significance of leaf form. *Apud* Solbrig, O.T., Jain, S. & Raven, P.H. (eds) *Topics in Plant Population Biology*. Columbia University Press, Cambridge.
- \_\_\_\_\_ (1986). *On the Economy of Plant Form and Function*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GOMES, B.Z., MARTINS, F.R. & TAMASHIRO, J.Y. (2004). Estrutura do Cerradão e da Transição entre Cerradão e Floresta Paludícola num Fragmento da Mata Atlântica. Internacional Paper do Brasil Ltda., Brotas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 27(2): 249-262.
- GREGORY, K.M. & MCINTOSH, W.C. (1996). Paleoclimate and Paleoelevation of the Oligocene Pitch-Pinnacle Flora, Sawatch range, Colorado. *GSA Bulletin*, v. 108(5):545-561.
- GUO, Y. & BUSTIN, R.M. (1998). FTIR Spectroscopy and Reflectance of Modern Charcoals and Fungal Decayed Woods: Implications for Studies of Inertinite in Coals. *Int J. Coal Geol.* 37: 29-53.



- HABERLANDT, G. (1914). *Physiological Plant Anatomy*. M Drummond, translator. MacMillian, London. 332 p.
- HABERLE, S.G. & MASLIN, G.A. (1999). Late Quaternary Vegetation and Climate Change in the Amazon Basin Based on a 50.000 Year Pollen Record from the Amazon Fan, ODP site 932. *Quaternary Research*, 51: 27-38.
- HAFFER, J. & PRANCE, G.T. (2002). Impulsos Climáticos da evolução na Amazônia Durante o Cenozóico: Sobre a Teoria dos Refúgios da Diferenciação Biótica. *Estudos Avançados*, 16(46).
- HANDRO, W. (1964). Contribuição ao Estudo da Venação e Anatomia Foliar das Amarantáceas dos Cerrados. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 36(4): 479-499.
- HANNSS, C., WEGMÜLLER, S. & BIJU-DUVAL, J. (1992). Les dépôts interglaciaires de l'Arselle (chaîne de Belledonne, Alpes Françaises). *Revue de Géographie Alpine*, 1: 7-20.
- HARRIS, T.M. (1957). Forest Fire in the Mesozoic. *J. Ecol.* 46: 447-453.
- HENRIQUES, R.P.B. (2005). Influência da História, Solo e Fogo na Distribuição e Dinâmica das Fitofisionomias no Bioma dos Cerrados. In: Sacriot, A., Felfili-Fag, J. M., Sousa-Silva, J. C. (Org.). *Ecologia, Conservação e Biodiversidade do Cerrado*. 1 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 75-105.
- HIGHTON, P.J.C., PEARSON, A. & SCOTT, A.C. (1991). Playnofacies and Palynodebris and their use in Coal Measures Palaeoecology and Palaeoenvironmental Analysis. N. Jb. *Geol. Palaeont. Abh.* 183: 135-169.
- HICKEY, L. J. (1974). Clasificación de la Arquitectura de las Hojas de Dicotiledoneas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, XVI(1-2), 1-26.
- HILL, C.R. (1974). Palaeobotanical and Sedimentological studies on the lower Bajocian (Middle Jurassic) flora of Yorkshire, Unpublished thesis, Leeds University, England, 281 p. *Apud* SPICER, R.A. (1988). Quantitative sampling of plant megafossil assemblages. Methods and applications of plant paleoecology. *The Paleontological Society Special Publication n.º.3*. p.29-51. Ed. Kenneth R. Walker.
- HUBER, B.T. & WATKINS, D.K. (1992). Biogeography of Campanian-Maastrichtian calcareous plankton in the region of the southern Ocean: paleogeographic and

- paleoclimatic implications. In: J.P. Kennett and D.A. Warnke, eds. *The Antarctic Research Serie 56*:31-60. American Geophysical Union, Washington, D.C.
- IANNUZZI, R. & VIEIRA, C.E.L. (2005). *Paleobotânica*. Porto Alegre, Ed. UFRGS. 111 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992). Conceituação Fitogeográfica Brasileira. In: *Classificação da vegetação Brasileira*. [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)
- IBGE. 1989. *Geografia do Brasil: Região Centro Oeste*. Rio de Janeiro. v.1. 267 p.
- JONES, T., SCOTT, A.C. & COPE, M. (1991). Reflectance Measurements against Temperature of Formation for Modern Charcoals and their Implications for the Study of Fusain. *Bull. Geol. Soc. Fr.* 162: 193-200.
- JOHNSON K.R. & HICKEY, L.J. (1990). Megafloral changes across The Cretaceous/ Tertiary boundary in the northern Great Plains and Rocky Mountain, U.S.A In: V.L. Sharpton and P. D. Ward, eds. Global catastrophes in Earth history: an interdisciplinary conference on impacts, volcanis, and mass mortality. *Geological Society of America Special Paper 247*: 433-444. Boulder, Colo.
- JOHNSON K.R. & WILF, P. (1996). Paleobotanical temperature curve for the Cretaceous-Tertiary Boundary Interval and a Scenario for the Revegetation of North America after the Terminal Cretaceous Event. *Geological Society of America Abstracts with Programs* 28:225.
- KOCH, P.L. *et al.* (1996). Earliest Eocene cooling? Comparison of Isotopic and Paleobotanical Estimates of Temperature during the Paleocene-Eocene Transition. Sixth North American Paleontological Convention Abstracts. *Paleontological Society Special Publication* 8:215.
- LEDRU, M.P., BERTAUX, J. & SIFEDDINE, A. (1998). Absence of Last Glacial Maximum Records in Lowland Tropical Forests. *Quaternary Research*, 49: 233-237.
- LEDRU, M.P. (1993). Late Quaternary Environmental and Climatic Changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, 39: 90-98.
- LEDRU, M.P.; BRAGA, P.I.S.; SOUBIÈS, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SUGUIO K. & TURCQ B. (1996). The last 50.000 years in the Notropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 123, p. 239-257.

- LIGOUIS, B., DOUBINGER, J. (1991). Petrology, Palynology and Depositional Environments of the "Grande Couche de Bourran" from the Stephanian Basin of Decazeville, France. *Bull. Soc. Géol. France*, 162(2): 307-323.
- LIMA, H.C. & GUEDES-BRUNI, R.R. (Eds.) (1997). *Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica*. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 346 p.
- MÉIO, B.B, FREITAS, C.V., JATOBÁ, L., SILVA, M.E.F., RIBEIRO, J.F. & HENRIQUES, R.P.B. (2003). Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do Cerrado *sensu stricto*. *Rev. Bras. Bot.*, 26(4): 437-444.
- MEYEN, S.V. (1973). Plant morphology and its nomothetical aspects. *Botanical Review*, 39, 205-260.
- MEYER, H. W. (1992). Lapse rates and other variables applied to estimating paleoaltitudes from fossil floras. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99:71-99.
- MONTANHEIRO, T.J., YAMAMOTO, J.K., SANT'AGOSTINO, KIHARA, Y. & SAITO, M.M. (2002). Terras diatomáceas: uma pozolana natural na Bacia do Paraná, Estado de São Paulo. *Rev. Instituto Geológico, São Paulo*, 23(2): 1-17.
- MORLEY, R.J. (2000). *Origin and evolution of tropical rain forests*. New York: Wiley & Sons, 325 p.
- MOSBRUGGER, V. (1995). New Methods and Approaches in Tertiary Palaeoenvironmental Research. *Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden*, 41: 41-52.
- \_\_\_\_\_ & ROTH, A. (1996). Biomechanics in fossil plant biology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 90:195-207.
- \_\_\_\_\_ & UTESCHER, T. (1997). The Coexistence Approach – a Method for Quantitative Reconstructions of Tertiary Terrestrial Palaeoclimate Data Using Plant Fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134: 61-86.
- NEILSON, R.P. (1995). A model for predicting continental-scale vegetation distribution and water balance. *Ecological Applications*, 5, 362-385.

- OLIVEIRA FILHO A.T. & RATTER, J.A. (1995). A Study of the Origin of Central Brazilian Forests by the Analysis of Plant Species Distribution Patterns. *Edin J. Bot.* 52 (2): 141-194.
- NICHOLS, G.J., CRIPPS, J. COLLINSON, M.E. & SCOTT, A.C. (2000). Experiments in waterlogging and sedimentology of charcoal: results and implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164: 43-56.
- PARKHURST, D. & LOUCKS, O. (1972). Optimal leaf size in relation to environment. *Journal of Ecology*, 60: 505-5327.
- PARRISH, J. T. & SPICER, R.A. (1988). Late Cretaceous terrestrial vegetation a near-polar temperature curve. *Geology* 16:22-25.
- PYNE, S.J. ANDREWS, P.L.LAVEN, R.D. (1996). Introduction to Wildland Fire. Wiley, New York.
- PRENTICE, I.C., CRAMER, W., HARRISON, S.P., LEEMANS, R., MONSERUD, R.A. & SOLOMON, A.M. (1992). A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, 19, 117-134.
- RAUNKIAER, C. (1907). The life-forms of plants and their bearing on geography In: *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*; the Collected Papers of C. Raunkiaer. p. 2-104. Clarendon Press, Oxford.
- RIBEIRO, C.C., BROD, J.A., JUNQUEIRA-BROD, T.C., GASPAR, J.C. & PETRINOVIC, I.A. (2005). Mineralogical and Field Aspects of Magma Fragmentation Deposits in a Carbonate-phosphate Magma Chamber: Evidence from the Catalão I complex, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 18: 388-369.
- RIBEIRO, C.C., BROD, J.A., JUNQUEIRA-BROD, T.C., GASPAR, J.C. & PETRINOVIC, I.A. (2001). Pipes de Brecha e Atividade Magmática Explosiva no Complexo Alcalino-carbonático de Catalão I, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 31(4): 417-426.
- RIBEIRO, J.F., FONSECA, C.E.L. & SOUZA-SILVA, J.C. (Eds.) (2001). *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. Planaltina: Embrapa. 899 p.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. (1998). Fitofisionomias do bioma Cerrado In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P. ed. *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 87-166.

- RICHARDS, P.W. (1996). *The Tropical Rain Forest*, 2<sup>a</sup>. ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROBINSON, J.M. (1989). Phanerozoic O<sub>2</sub> variation, fire and terrestrial ecology. *Global Planet. Change 1*: 223-240.
- ROTH, A., MOSBRUGGER, V. BLEZ, G. & NEUBEBAUER, J. (1995). Hydrodynamic modelling study of angiosperm leaf venation types. *Botanica Acta 108*:121-126.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. ,CASSETI, V., FERRAZ-VICENTINI, K.R., MARTIN, L., SOUBIES, F., SUGUIO, K. & TURCQ, B. (1997). Late Quaternary Vegetational and Climatic Changes in Cerrado and Palm Swamp from Central Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 128*: 215-226.
- SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P. (Eds.) (1998). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA – CPAC. 556 p.
- SCOTT, A.C. (2000). Introduction to Fire and the Palaeoenvironmental. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 164*: 281-329
- SCOTT, A.C. (1989). Observations on the nature and origin of fusain. *Int. J. Coal Geol. 12*: 443-475.
- SILVA-JUNIOR, M. C. (2005). *100 Árvores do Cerrado: Guia de campo*. Brasília, Ed. Redes de Sementes do Cerrado. 278 p.
- SWEET, A.R., CAMERON, A.S. (1991). Palynofacies, Coal Petrographic Facies and Depositional Environments: Amphitheatre Formation (Eocene to Oligocene) and Ravenscrag Formation (Maastrichtian to Palaeocene), Canada. *International Journal of Coal Geology, 19*:121-144.
- SPICER, R. A. (1989). The formation and interpretation of plant fossil assemblages. *Advances in Botanical Research, 16*: 95-191.
- SPICER R.A. & GREER, A.G. (1986). Plant taphonomy in fluvial and lacustrine systems, in Broadhead, T.W. (ed.), Land Plants. University of Tennessee Department of Geological Sciences, *Studies in Geology 15*: 10-26.

- STOTT, L.D. & KENNETT, J.P. (1990). The paleocenographic and paleoclimatic signature of the Cretaceous/Paleogene boundary in the Antarctic: stable isotopic results from ODP Leg 113. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results 113*:829-848.
- STOPES, M.C. (1919). On the four visible ingredients in banded bituminous coal: studies and composition of coal nº 1 *Proc. R. Soc. London Ser. B* 90:470-487.
- SUMAN, D.O., KUHLBUSCH, T.A.J. & LIM, B. (1997). Marine Sediments: a reservoir for black carbon and their use as spacial and temporal records of combustion. In: Clarck, J.S., Cachier, H., Goldammer, J.G., Stocks B, (Eds.), *Sediment Records of Biomass Burning and Global Change*. NATO ASI Series vol. 151. Berlin, pp. 271-293.
- TAYLOR, T. N. & TAYLOR E. L. (1993). *The biology and evolution of fossils plants*. A, Simon & Schuster Company, New Jersey, 982 p.
- TRYON, R.M. & TRYON, A.F. (1982). *Fern and Allied Plants*. Springer Verlag. New York. 896 pp.
- TOLEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, S.M.B.; FONTAN, F.; FERRARI, V.C. & PERSEVAL, P., (2004). Mineralogia, Morfologia e Cristalquímica da Monazita de Catalão I (GO, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, 34(1): 135-146.
- UHL, D., MOSBRUGGER, V., BRUCH, T., UTESCHER, T. (2003). Reconstructing Palaeotemperatures Using Leaf Floras – Case Studies for a Comparison of Leaf Margin Analysis and the Coexistence Approach. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 126: 49-64.
- WALTER, H. (1986). *Vegetação e Zonas Climáticas. Tratado de Ecologia Global*. São Paulo. Ed. Pedagógica e Universitária. 325 pp.
- WALTER, B.M. T.(1995). *Distribuição espacial de espécies perenes em uma mata de galeria inundável no Distrito Federal; florística e fitossociologia*. Dissertação de Mestrado. Brasília, Universidade de Brasília.
- WEEB, L.J. (1968). Environmental relationships of the structural types of Australian rain forest vegetation. *Ecology*, 49:296-311.
- WILF, P. (1997). When are leaves good thermometers? A new case for Leaf Margin Analysis. (LMA x CLAMP) *Paleobiology*, 23(3), pp. 373-390.

- WILSON, T.P, CANNY, M.J. & McCULLY. M.E. (1991). Leaf Teeth, Ttranspiration and the Retrieval of Apoplastic Solutes in Balsam Polar. *Physiologia Plantarum*, 83:225-232.
- WING, S., ASH, A., ELLIS, B., HICKEY, L.J., JOHNSON, K., WILF, P. (1999). *Manual of Leaf Architecture – morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms*. Washington DC, Smithsonian Institution. 65 p.
- WOOLER, M.J., STREER-PERROT, F.A., AGNEW, A.D.Q. (2000). Late Quaternary fires and grassland palaeoecologie of Mount Kenya: evidence from charred grass cuticles in lake sediments. *Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoecology 164*: 207-230.
- WOLFE, J. A. (1971). Tertiary climatic fluctuations and methods of analisis of Tertiary floras. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 9:27-57.
- \_\_\_\_\_ (1978). A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere. *American Scientist* 66:694-703.
- \_\_\_\_\_ (1979). Temperature parameters of humid to mesic forests of eastern Asia and their relation to forests of other regions of the northern hemisphere and Australasia. U. S. *Geological Survey Professional Paper, 1106*: 1-37.
- \_\_\_\_\_ ( 1990). Paleobotanical evidence for a marked temperature increase following the Cretaceous/Tertiary boundary, *Nature*, 343 (6254): 153-6.
- \_\_\_\_\_ (1993). A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages. U.S. *Geological Survey Bulletin, 2040*: 1-73.
- \_\_\_\_\_ (1994<sup>a</sup>). Tertiary climatic chances at middle latitudes of western North America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 108:195-205.
- \_\_\_\_\_ (1995). Paleoclimatic estimates from Tertiary leaf assemblages. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, 23, 119-142.
- \_\_\_\_\_ & SPICER, A.J. (1999). Fossil Leaf Character States: Multivariate Analyses In: Jones, T.P. & Rowe, N.P. (Eds.) *Fossil Plants and Spores: modern techniques*. Geological Society. Londres, 233-239.

\_\_\_\_\_ & POORE, R.Z. (1982). Tertiary marine and nonmarine climatic trends. pp. 154-158 In: *Climate in Earth history*. National Academy Press, Washington, D.C.

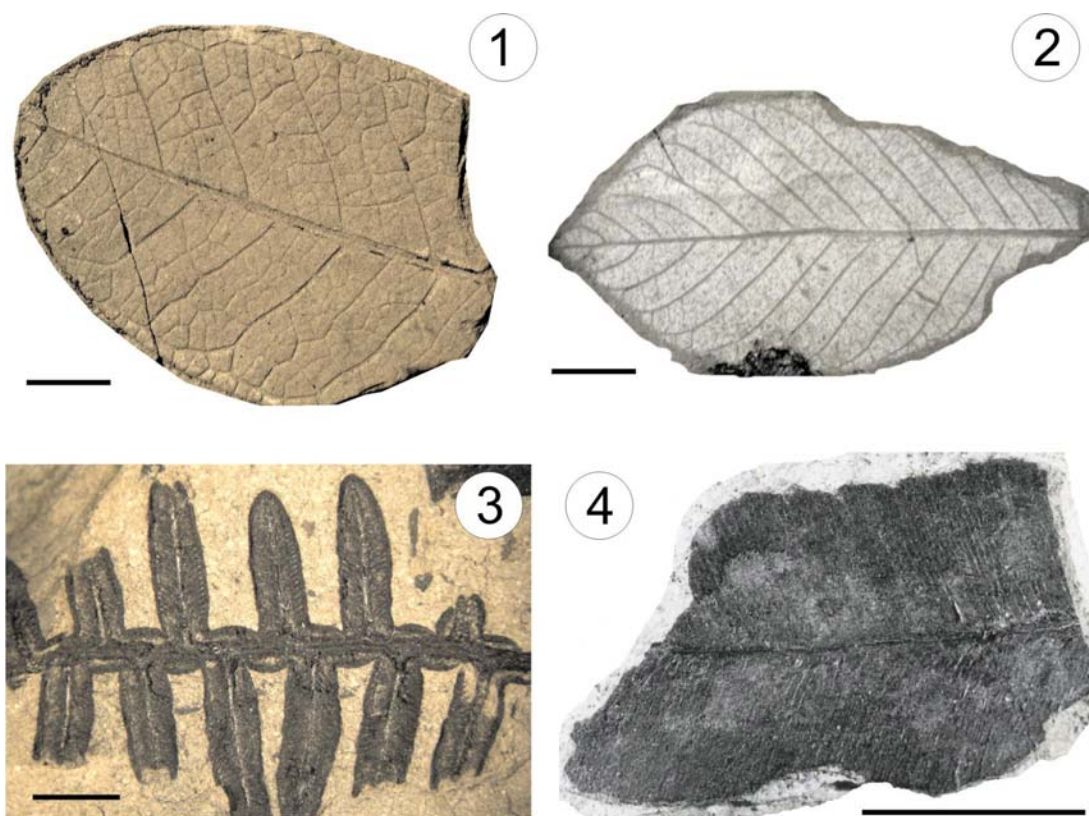
VOLKMER-RIBEIRO, C. & MOTTA, J.F.M. (1995). Esponjas formadoras de espongilitos em lagoas no Triângulo Mineiro e adjacências, com indicação de preservação de habitat. *Biociências, Porto Alegre*, 3(2), p.145-169.

VOLKMER-RIBEIRO, C. & PAULS, S.M. (2000). Esponjas de água doce (Porifera, Demospongiae) de Venezuela. *Acta Biológica Venezuelana*, 20(1): 1-28.

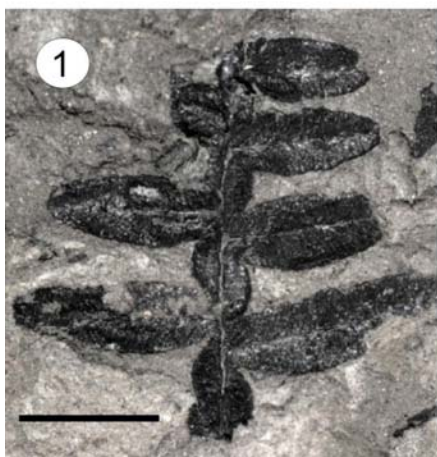
[www.conciencia.br/reportagens/arqueologia/acesso\\_julho/2007](http://www.conciencia.br/reportagens/arqueologia/acesso_julho/2007)



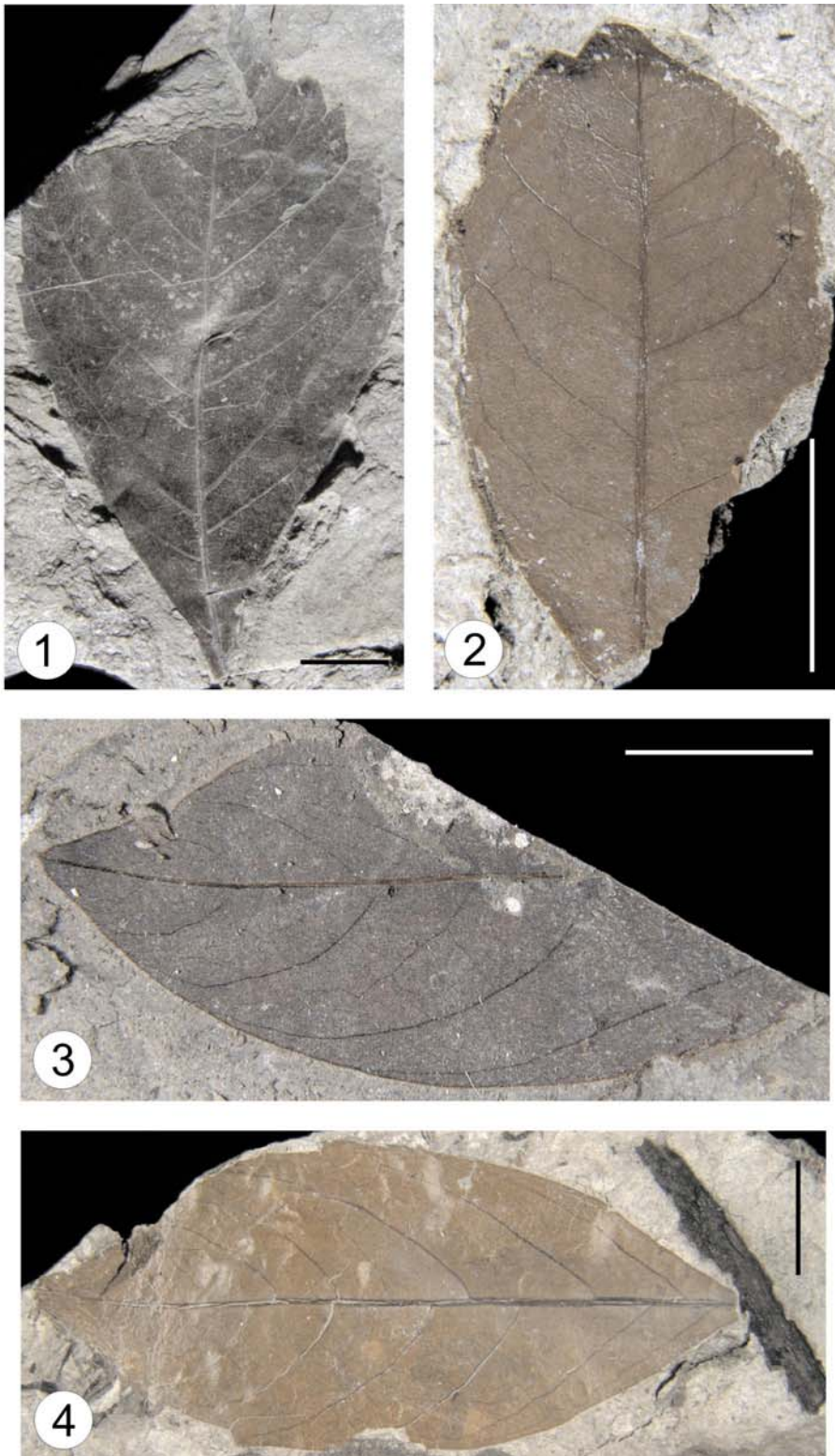
## 15. LÂMINAS



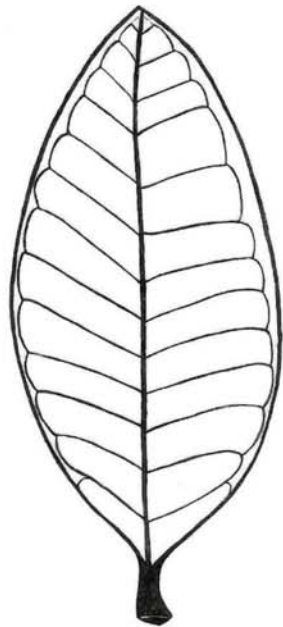
Lâmina 1: Figuras 1 e 2, preservação do tipo impressão; Figura 1, CPB 024A (Annonaceae); Figura 2, CPB 166B (*Apeiba*). Figuras 3 e 4, preservação do tipo carbonização, Figura 3, CPB 012b (*Pteridium*); Figura 4, Pb 4052 (*Blechnum*). Escala: 10mm.



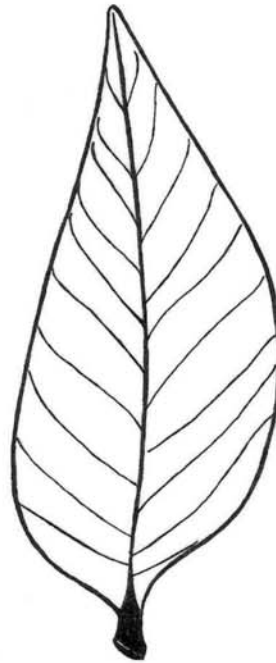
Lâmina 2: Figuras 1, 2 e 3, preservação do tipo carbonização. Figura 1 Pb 4046; Figura 2 Pb 4047 e Figura 3 Pb 4045 (*Pteridium catalensis*, Cardoso & Iannuzzi, 2006). Escala: 5mm.



Lâmina 3: Preservação do tipo mumificação; Figura 1, Pb 4056 (folha denteada); Figura 2, Pb 4059 (*Rheedia*); Figura 3, Pb 4062 (Myrtaceae); Figura 4, Pb 4065 (Lauraceae). Escala: 10mm.



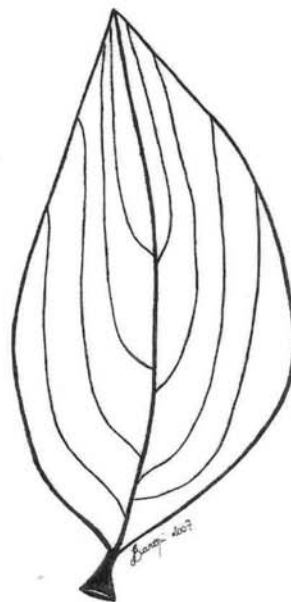
**M 1**



**M 2**

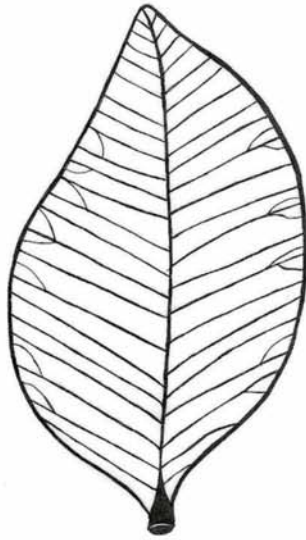
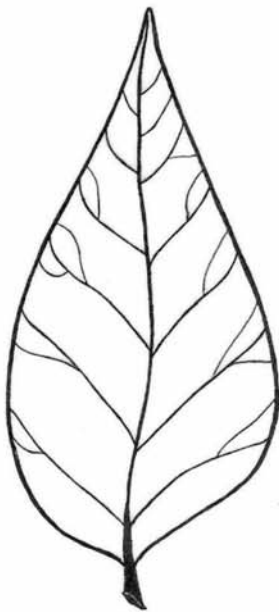
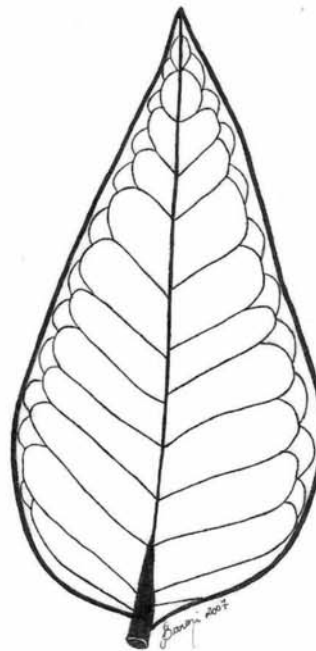


**M 3**

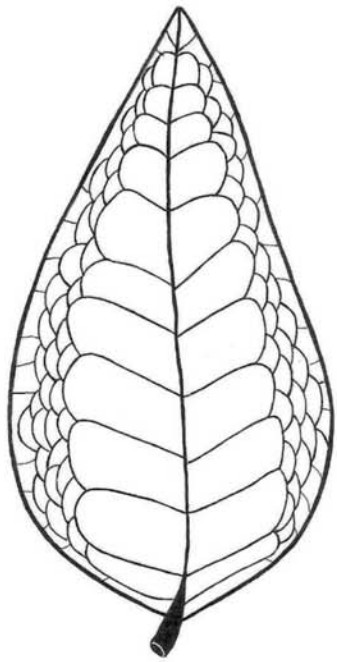


**M 4**

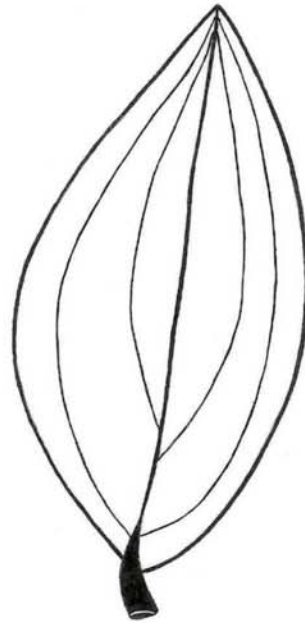
Lâmina 4: Morfotipos M1, M2, M3 e M4.

**M 5****M 6****M 7****M 8**

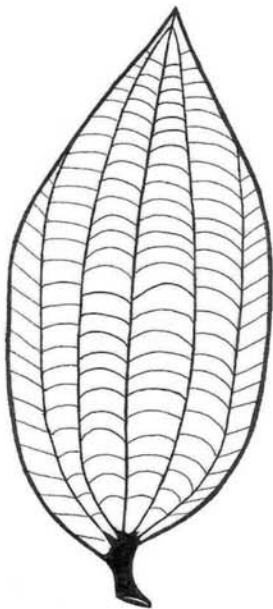
Lâmina 5: Morfotipos M5, M6, M7 e M8.



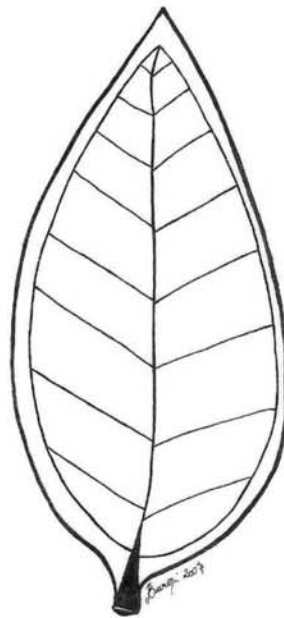
**M 9**



**M 10**

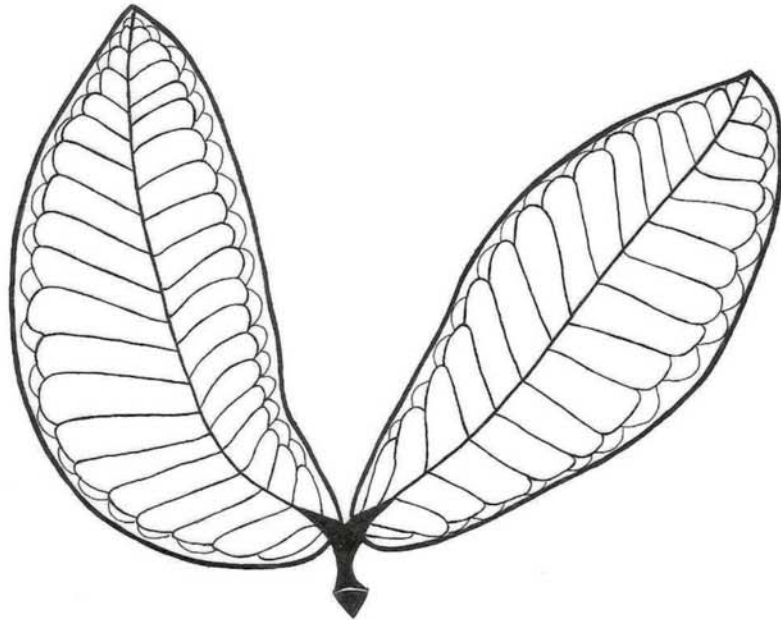


**M 11**

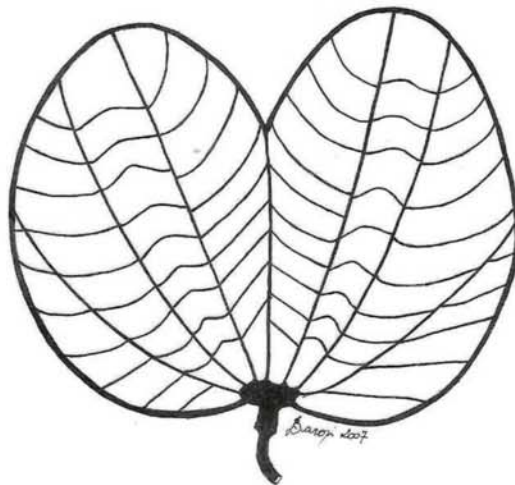


**M 12**

Lâmina 6: Morfotipos M9, M10, M11 e M12.



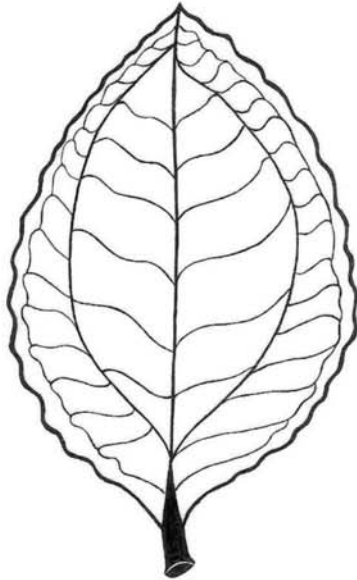
**M 13**



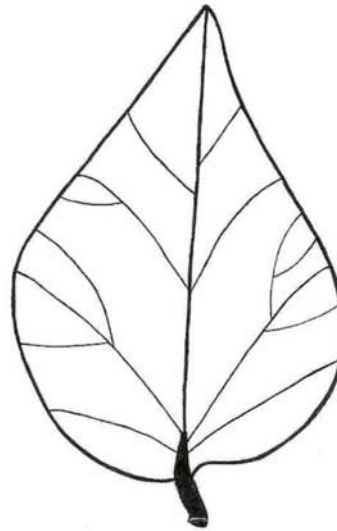
**M 14**

Lâmina 7: Morfotipos M13 e M14.

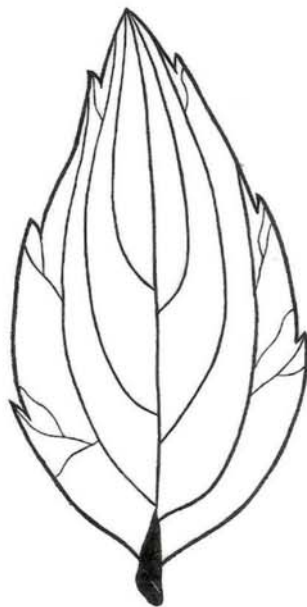




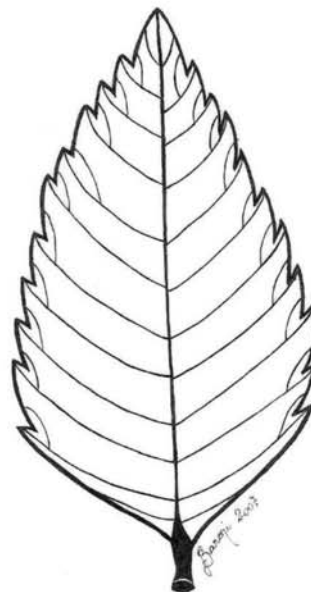
**M 15**



**M 16**



**M 17**



**M 18**

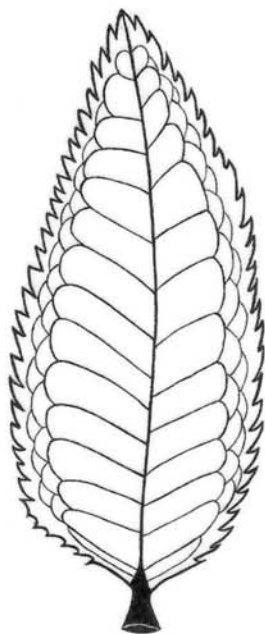
Lâmina 8: Morfotipos M15, M16, M17 e M18.



**M 19**



**M 20**

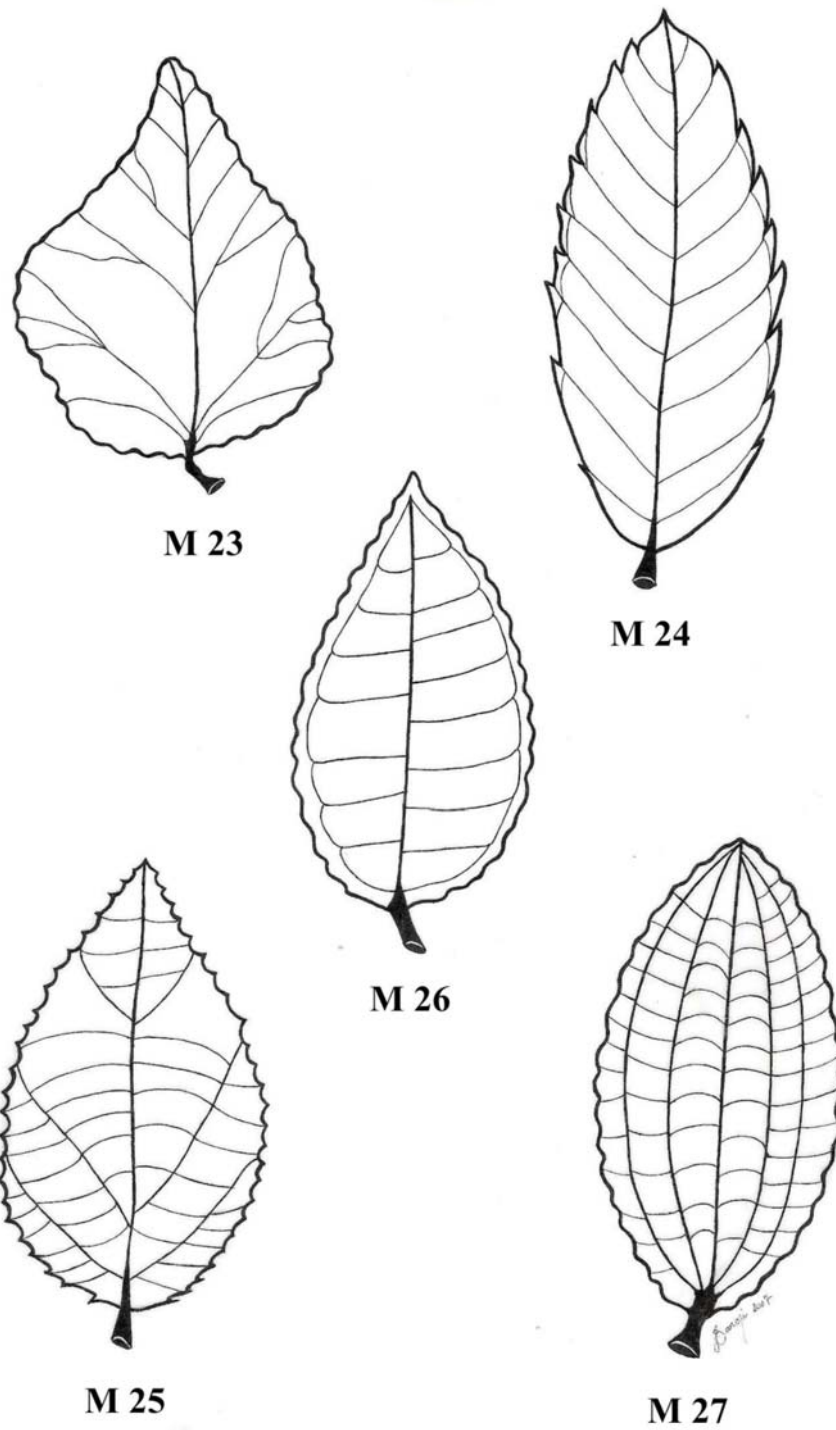


**M 21**

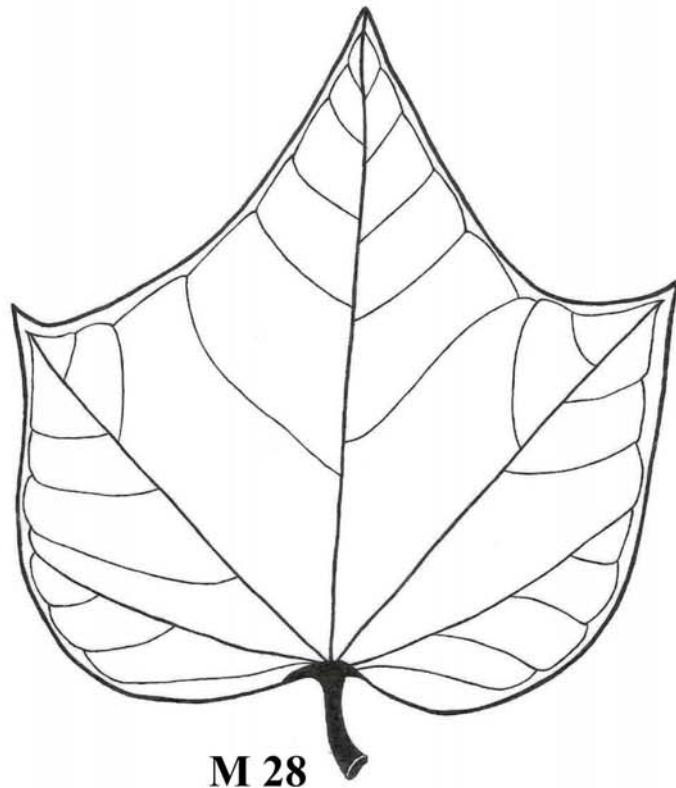


**M 22**

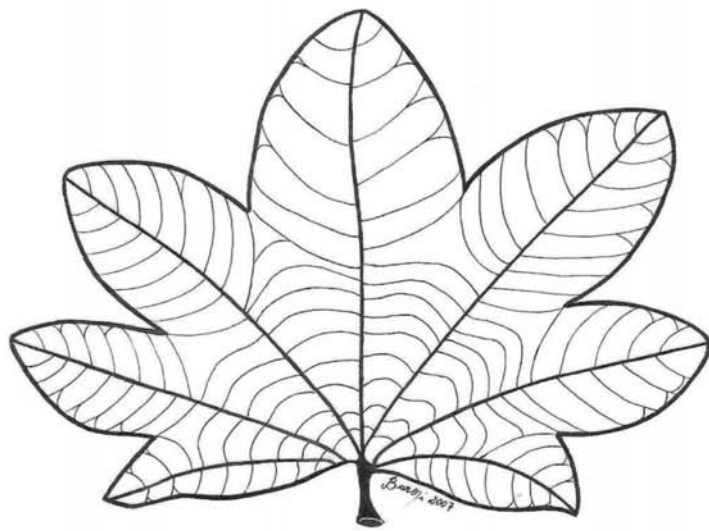
Lâmina 9: Morfotipos M19, M20, M21 e M22.



Lâmina 10: Morfótipos M23, M24, M25, M26, M27 e M28.

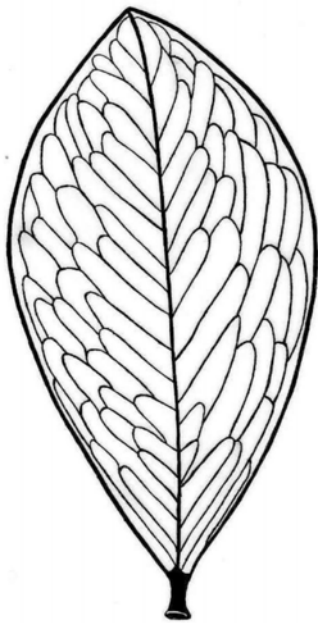


**M 28**

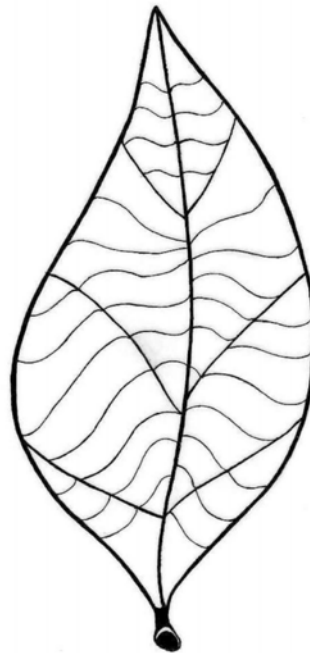


**M 29**

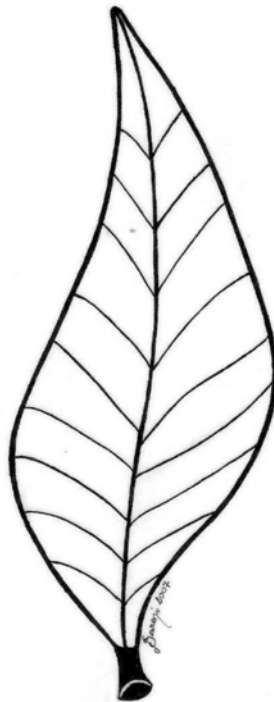
Lâmina 11: Morfotipos M28 e M29.



**M 30**

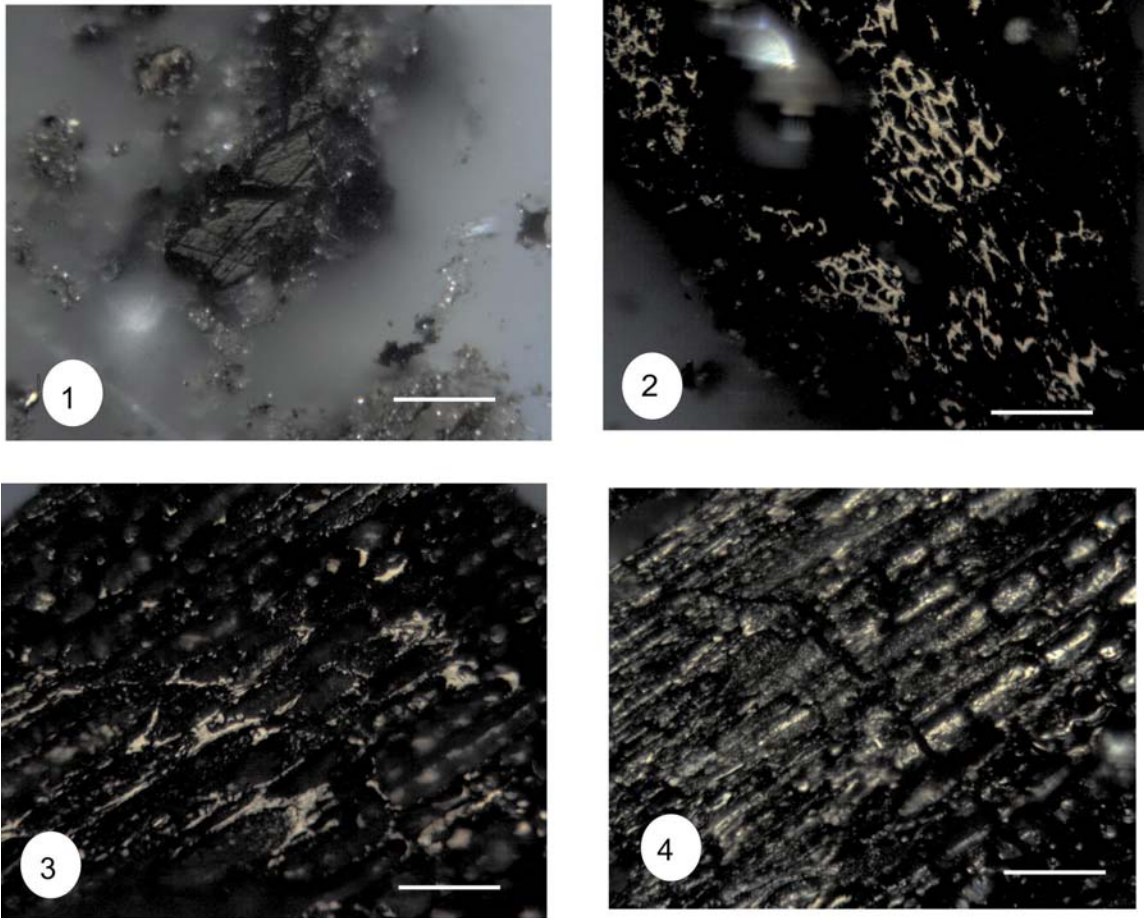


**M 31**



**M 32**

Lâmina 12: Morfotipos M30, M31 e M32.



Lâmina 13: Fusenita como evidência da queima do material orgânico, Figuras, 1, 2, 3 e 4. Escala: 20 micrômetros.