

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PORTO NACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECÓTONOS

ALINE LOPES DOS SANTOS

DESCRIÇÃO DE NOVOS ESPÉCIMES DE FOLHAS FÓSSEIS PROVENIENTES
DA BACIA DO ABUNÃ, QUATERNÁRIO, RONDÔNIA, BRASIL

Porto Nacional – TO
Agosto – 2017

ALINE LOPES DOS SANTOS

DESCRIÇÃO DE NOVOS ESPÉCIMES DE FOLHAS FÓSSEIS PROVENIENTES
DA BACIA DO ABUNÃ, QUATERNÁRIO, RONDÔNIA, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Ecologia de Ecótonos da
Fundação Universidade Federal do Tocantins –
Campus de Porto Nacional, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de mestre em
Ecologia.

Orientadora: Dra. Etiene Fabbrin Pires Oliveira

Porto Nacional – TO
Agosto/2017

Dedicado à Etiene Fabbrin Pires, por nos inspirar
de todas as formas e fazer florescer o nosso melhor.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S237d Santos, Aline Lopes dos.

Descrição de novos espécimes de folhas fósseis provenientes da Bacia do Abunã, Quaternário, Rondônia, Brasil. / Aline Lopes dos Santos. – Porto Nacional, TO, 2017.

56 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ecologia de Ecótonos, 2017.

Orientadora : Dra. Etiene Fabbrin Pires Oliveira

1. Paleoflora. 2. Pleistoceno. 3. Calophyllaceae,. 4. Chrysobalanaceae. I.
Título

CDD 577

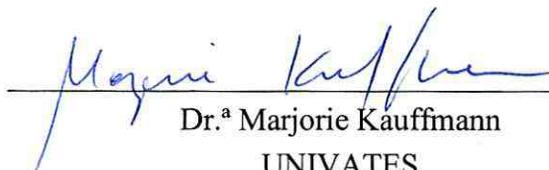
TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

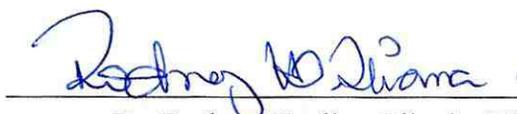
BANCA EXAMINADORA



Dr.^a Etiene Fabbrin Pires de Oliveira
UFT (Presidente)



Dr.^a Marjorie Kauffmann
UNIVATES



Dr. Rodney Haulien Oliveira Viana
UFT

Aprovada em: 15 de agosto de 2017

Local de defesa: Sala I Neamb

Universidade Federal do Tocantins, Câmpus de Porto Nacional/TO

AGRADECIMENTOS

A Paleontologia apareceu em minha vida aos 45 minutos do segundo tempo, mas me despertou para um novo caminho, caminho esse que só foi trilhado porque tenho grandes pessoas ao meu lado. Sou grata por todo conhecimento adquirido e descoberta nessa jornada.

Sou grata a Deus, por ter me dado saúde, paz, felicidade e proteção em todas as vezes que precisei correr atrás dos meus sonhos, por ter resiliência e nunca desistir, mesmo nos momentos de grandes indecisões. Agradeço ao universo por ter colocado pessoas únicas que se tornaram importantes na minha vida!

Aos professores que passaram pela minha trajetória, ficam a minha admiração, respeito e agradecimento pelas críticas construtivas, pela força e pela partilha de conhecimento na intenção de me fazer crescer no âmbito profissional. Fico grata pela motivação, pelas lições e por inúmeras vezes terem me feito refletir.

À Prof^ª Dr. Etiene Fabbrin Pires, minha orientadora, quem me lapidou com sabedoria para que eu hoje pudesse me orgulhar de cada acerto e erro, pelo suporte no tempo que lhe coube, pelo apoio na elaboração deste trabalho, pelas correções e incentivos, pela confiança, pelo companheirismo, carinho e compreensão de mãe, será sempre inspiração em minha longa caminhada. Obrigada por ter se dedicado a mim, por não ter somente me ensinado, mas por ter me feito aprender, por ser exemplo de mulher com garra e otimismo! Você brilha onde passa, é inteligente, linda, guerreira, sendo incrível no jeito de formar pessoas com destaque, por elas possuírem seu afeto, isto é precioso! Que todas as pessoas de bem tenham a oportunidade de conhecer a sua espetacularidade! E, que seja reconhecida no mundo inteiro pelo seu trabalho excelente!

À minha companheira de laboratório Débora Ulisses, pela parceria e suporte que tens me dado para construção desse trabalho. Você chegou e alegrou o nosso laboratório dando a ele a sua cara! Espero muito poder acompanhar e contribuir com seu crescimento profissional.

À minha família, minha base, que me guarda, apoia e que sempre cuidaram com carinho do meu filhote, vocês são minha razão de viver! Em especial, venho falar dos meus pais: Edna e José Charles que me trouxeram ao mundo, vocês me deram caráter, educação, determinação e coragem para estar onde hoje estou. Aos meus irmãos: Úrssula, Valéria, Lays, Carol, Henrique e a minha tia Eliana todo o meu carinho e gratidão por terem me ensinado a ter marca registrada por onde passar. Sou grata por termos harmonia, fraternidade, simplicidade e união.

Ao meu esposo Leandro Ramos por ser batalhador, honesto, cúmplice e fiel, por ser um pai maravilhoso e excepcional, por sempre me acalmar, abraçar, aceitar e defender mesmo que eu não acerte sempre, por você ter sido a minha escolha certa. Além disto, por ter me dado o melhor presente que alguém poderia ter meu filho Leonardo, minha melhor parte, que é o real motivo de eu lutar por um futuro melhor, de ir à busca do conhecimento pra lhe ensinar tudo o que me foi passado, para que ele seja o melhor no que decidir ser. Filho, você tem me ensinado a ser mãe, e cuidar de ti é o que tenho feito de melhor. Com todo esmero, te olhar me faz enxergar e ter a certeza do homem lindo que irá se tornar. Vocês são os meus tesouros!

Aos amigos conquistados durante a minha formação, pela igualdade, gentileza e paciência, minha gratidão às turmas 2015/1 do Programa de Pós- Graduação em Ecologia de Ecótonos (PPGEE), 2016/1 do Programa de Pós- Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação (PPGBEC), turma 2017/1 do PPGBEC onde conquistei grandes amigos. Em especial as minhas companheiras Kerliane Galvão e Sirlei Vodoni.

Á Gabriella Vasconcelos, Diogo, Mauro, pelas contribuições a esta obra.

Deixo aqui também os agradecimentos aos grandes companheiros (a) de diversas áreas Rayane Cruz, Michelle Mercês e seu esposo Kleiton Silva, Ana Carolina Guimarães, Wlainer Silva, Luiz Benevides, Luciana Souza, Gercineia Silva, Advaldo Prado, Waniuelli Pascoal e Janair Silva pela parceria de sempre.

Á todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, a minha eterna gratidão.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1. Sistemática Paleobotânica	11
2.2. Tipos de fósseis paleobotânicos.....	12
2.3. Paleobotânica da Amazônia no Cenozóico	16
2.4. Contexto geológico - Bacia do Abunã.....	17
2.5. Formação Rio Madeira	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1. Área de Estudo	20
3.2. Nível fossilífero	20
3.3. Material.....	23
3.4. Datação	24
3.1. Metodologia de análise	25
3.1.1. Documentação Gráfica.....	25
3.1.2. Análise da Arquitetura Foliar.....	26
3.1.3. Identificação Taxonômica.....	30
3.1.4. Estabelecimento de inferências paleoclimáticas e paleoambientais	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Sistemática paleobotânica.....	30
4.1.1. Morfotipo 01	30
4.1.2. Morfotipo 02	36
4.2. Considerações paleoclimáticas	41
5. CONCLUSÃO.....	46
6. REFERÊNCIAS.....	46

RESUMO

A Bacia Sedimentar do Abunã está localizada junto à calha do Rio Madeira, no estado de Rondônia - Brasil, e caracteriza-se por um relevo plano, resultante de processos de acumulação de sedimentos fluviais ao longo do Quaternário. Dentro desse contexto, há nos últimos anos um aumento de trabalhos publicados, relatando as características paleoambientais e paleoclimáticas dessa região. O presente estudo tem como objetivo descrever a morfologia foliar e realizar o reconhecimento taxonômico de quatro folhas fósseis coletadas no afloramento Estaca 93 (09°16'25.05"S; 64°38'16.87"W), no canteiro de obras da Usina Hidroelétrica de Jirau (UHE). As amostras passaram por preparação curatorial prévia, sendo que foram numeradas e embaladas com filme PVC e colocadas em moldes de parafina. A datação para a camada da qual provém o material aqui analisado, já foi apresentada em trabalhos anteriores, apresentando idade de ± 43.500 A.P. Os espécimes foram fotografados e os padrões de venação redesenhados. O reconhecimento taxonômico foi realizado com base na chave de identificação de angiospermas seguindo o detalhamento proposto pelo Manual de Arquitetura Foliar, sendo que também foram comparados com representantes da flora amazônica atual através de consulta a bibliografia específica. A partir da presença de elementos típicos foi possível registrar a ocorrência de duas famílias sendo elas: Chrysobalanaceae, por meio de venação primária pinada e secundária semicraspedódroma, venação oposta e alterna na mesma folha determinando o registro de um novo morfogênero e morfoespécie, aqui temporariamente denominado de *Morfotipo 02*; Calophyllaceae, com venações secundárias numerosas, paralelas entre si, preenchendo todo o campo foliar, definindo a descrição de uma nova morfoespécie para gênero *Calophyllum*, aqui temporariamente denominada *Calophyllum sp1*. A presença dessas famílias indica similaridade com a flora atualmente estabelecida na região, possibilitando ainda a inferência de um paleoclima muito similar ao existente. Deste modo, esta descoberta corrobora aos estudos anteriores que postulam a presença de uma floresta tipicamente tropical já estabelecida desde pelo menos ± 43.500 anos, correspondentes ao Pleistoceno Superior.

Palavras chave: Paleoflora, Pleistoceno, Calophyllaceae, Chrysobalanaceae, Arquitetura foliar.

ABSTRACT

The Sedimentary Basin of Abunã is located near the channel of the Madeira River, in the state of Rondônia - Brazil, and is characterized by a flat relief, resulting from accumulation processes of fluvial sediments along the Quaternary. Within this context, there has been an increase in published works in recent years, reporting the paleoenvironmental and paleoclimatic characteristics of this region. The present study aims to describe the leaf morphology and taxonomic recognition of four fossil leaves collected in the outcrop Stake 93 (09 ° 16'25.05 "S; 64 ° 38'16.87" W) at the construction site of the Hydroelectric Power Plant Jirau (UHE). The samples were submitted to a previous curatorial preparation and were numbered and packed with PVC film and placed in paraffin molds. The date for the layer from which the material analyzed here has been presented, has already been presented in previous works, presenting an age of $\pm 43,500$ A.P. The specimens were photographed and the venation patterns redesigned. The taxonomic recognition was made based on the key of identification of angiosperms following the detail proposed by the Manual of Leaf Architecture, being also that were compared with representatives of the current Amazonian flora through consultation the specific bibliography. From the presence of typical elements it was possible to record the occurrence of two families: Chrysobalanaceae, primary vein of pinnate and secondary semicraspedodromous, opposite venation and alternating in the same leaf, determining the registration of a new morphogen and morphospecies, Temporarily referred to as of *Morphotype 02*; Calophyllaceae, with numerous secondary venations, parallel to each other, filling the entire foliar field, defining the description of a new morphospecies for the genus *Calophyllum*, here temporarily termed *Calophyllum sp1*. The presence of these families indicates similarity with the flora currently established in the region, making possible the inference of a paleoclimate very similar to the existing one. Thus, this finding corroborates previous studies that postulate the presence of a typically tropical forest already established since at least $\pm 43,500$ years, corresponding to the Late Pleistocene.

Key words: Paleoflora, Pleistocene, Calophyllaceae, Chrysobalanaceae, Leaf architecture.

1. INTRODUÇÃO

De uma forma geral, as folhas foram negligenciadas em estudos morfológicos, taxonômicos e comparativos de plantas devido principalmente à falta de uma classificação detalhada, padronizada e inequívoca de características diagnósticas (LAWG, 1999). Desde a época de Linnaeus que a taxonomia de plantas atuais está baseada quase que exclusivamente nas características das partes reprodutivas. Este fator torna a identificação de fitofósseis difícil, visto que nas assembléias fitofossilíferas as folhas são os órgãos mais expressivos e de uma forma geral as plantas aparecem com suas partes desconectadas da planta mãe (ELLIS et al., 2009). Devido a esta abundância, folhas fósseis podem fornecer uma grande quantidade de informações sobre a composição, diversidade e paleoecologia de floras passadas, sendo essa análise essencial, pois as respostas das plantas às modificações climáticas é consequência da interação entre os fatores locais e também regionais (ELLIS et al., 2009; DUTRA; BOARDMAN, 2004).

Os padrões foliares individuais também são indicadores das mudanças ambientais. Podemos então a partir da análise de um caractere particular presente na folha, inferir condições ambientais vigentes no desenvolvimento da planta (WOLFE, 1993; DUTRA; BOARDMAN, 2004). Para exemplificar tomamos a forma do ápice, uma característica morfológica aparente e de fácil identificação. Segundo Dutra e Boardman (2004) folhas que apresentam ápice dos tipos acuminado e agudo, sugerem a presença de um ambiente úmido no qual essas folhas drenam a umidade, diferente das que apresentam ápice arredondado ou atenuado que sugerem pouca umidade no ambiente.

Neste mesmo modelo proposto por Dutra e Boardman (2004), as autoras exemplificam como a fisionomia foliar pode variar em resposta a latitude e ao ambiente no qual estão inseridas, e um exemplo são os padrões de folhas associadas a ambientes de latitudes tropicais. Neste trabalho, são descritas as seguintes condições: a) em ambientes quentes e úmidos, as folhas tendem a apresentar textura membranácea, meso a megafilas, ápice acuminado, margem inteira, venação broquidódroma ou outro padrão fechado; e, b) já em ambientes quentes e secos as folhas tendem a apresentar textura coriácea, sendo noto a microfilas, ápice arredondado, margem inteira e padrão de venação fechado.

A análise detalhada e em conjunto da arquitetura foliar nos mostra que é possível observar como características do ambiente podem aparecer refletidas nas folhas fósseis, permitindo sua aplicação em reconstruções climáticas e composição de floras passadas.

Quando se trata da Bacia Sedimentar do Abunã, localizada na região de Rondônia-Brasil pode-se pontuar que há um aumento em publicações de trabalhos que relatam e caracterizam a paleoflora regional. Porém os fósseis vegetais dessa bacia como relatado por Borges et al. (2014), ainda são pouco conhecidos, e em sua maioria são registrados de maneira indireta ou em conjunto com achados de vertebrados fósseis. Para a Bacia do Abunã, até o momento foram descritas ocorrências de impressões foliares, lenhos carbonizados e materiais palinológicos (HOLANDA; COZZUOL, 2006; NASCIMENTO, 2008; SILVA et al., 2010; FEITOSA et al., 2015), entretanto grandes lacunas existem no que se refere ao conhecimento da paleoflora em diferentes escalas.

Assim, o estudo aqui proposto tem como finalidade efetivar o reconhecimento taxonômico de espécimes de folhas fósseis e correlacionar os resultados obtidos com padrões de distribuição e composição da flora atual, podendo então inferir as condições ambientais vigentes no desenvolvimento das plantas a fim de sua utilização nas reconstruções paleoclimáticas e paleoambientais para região da Bacia do Abunã. Portanto, estes novos registros ampliam o conhecimento paleobotânico, fornecendo novos dados, os quais vêm a acrescentar á pesquisas já realizada, bem como contribuir aos trabalhos em andamento que visam à interpretação das associações florísticas durante o Quaternário Amazônico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento deste trabalho, diversos assuntos correlacionados foram estudados. Dessa forma o referencial teórico que aqui se apresenta possui como partes constituintes os tópicos: 2.1. Sistemática paleobotânica, no qual são apresentadas abordagens que foram desenvolvidas para resolver a problemática da classificação de folhas isoladas, uma síntese de como se dá o enquadramento taxonômico de folhas fósseis e um breve histórico do estudo de arquitetura foliar; 2.2. Tipo de fósseis paleobotânicos, que trata dos principais tipos de fossilização que ocorrem em vegetais, apresentando também suas características diagnósticas; 2.3. Paleontologia da Amazônia no Cenozóico, este tópico traz a síntese de trabalhos já publicados com descrições de folhas fósseis amazônicas estabelecidas para o Cenozóico; 2.4. Contexto Geológico - Bacia do Abunã, tópico no qual está descrita a geologia da Bacia incluindo um breve histórico das propostas litoestratigráficas para a região, e um subtópico 2.4.1 que trata da Formação Rio Madeira com descrição das suas principais características e sequências estratigráficas.

2.1. Sistemática Paleobotânica

A sistemática paleobotânica diferencia-se da sistemática aplicada a plantas atuais, pelo tipo de material analisado. Em paleobotânica, o material analisado consiste de fragmentos vegetais fósseis, sendo que geralmente estes se apresentam como órgãos vegetais isolados ou ainda, somente parte destes. Em casos excepcionais, encontram-se órgãos vegetais em conexão orgânica. Portanto, em paleobotânica, atribui-se uma denominação genérica e específica a partes de vegetais, e não a uma planta, como na sistemática botânica atual. A sistemática paleobotânica segue um sistema de classificação informal, mesmo assim, tenta ajustar-se ao sistema de classificação dos vegetais da sistemática botânica atual, denominado Angiosperm Phylogeny Group III, estabelece uma organização natural dos vegetais, baseada nas relações evolutivas válidas, identificando linhagens de organismos ou clados que, independentemente de outros clados, atingiram alguma vantagem evolutiva (SUCERQUIA, 2007; APG III).

De acordo com Lawg (1999), o enquadramento taxonômico das floras passadas pode ocorrer através de morfotipos, estes pertencem a uma categoria taxonômica informal e independente do sistema Nomenclatural proposto por Linnaeu, termo esse proposto e utilizado primeiramente por Johnson (1989). Porém quando se trata de táxons quaternários, a maioria dos morfotipos foliares equivalem às espécies biológicas atuais. Apesar disso os morfotipos são caracterizados e descritos pelas suas formas e de forma alguma devem ser considerados como espécies modernas equivalentes.

Ainda como relatado por Lawg (1999) no caso de fitofósseis, algumas plantas dependendo do estágio de vida produzem múltiplos tipos de folhas e se essas forem encontradas isoladas dos ramos, como é comum ocorrer, acabam por ser classificadas como diferentes morfoespécies ou morfotipos. Esses só podem ser relacionados entre si se compartilharem padrões morfológicos e anatômicos com os seus relativos modernos. Assim como relatado por Ellis et al. (2009), com relação às folhas fósseis duas abordagens diferentes foram desenvolvidas para resolver alguns dos problemas relacionado a classificação de folhas fósseis. A primeira proposta resulta em um método que é o estudo de múltiplos órgãos, isto é, folhas que em uma assembléia fossilífera são atribuídas a uma dada espécie de planta porque são preservadas em conjunto ou porque elas co-ocorrem em muitas outras assembléias fossilíferas. Algumas características clássicas de flores e frutos também podem ser determinantes quando analisadas em conjunto com caracteres de folhas e assim definir taxa

extintos e determinar suas relações. No entanto, este método é problemático, já que a maioria das folhas fósseis não é encontrada consistentemente associada a outros órgãos.

A segunda abordagem resulta na identificação sistemática com base nas folhas fósseis isoladas, que através de caracteres informativos da arquitetura foliar, é possível estabelecer afinidades taxonômicas (LAWG, 1999; ELLIS et al., 2009). Com base nesta segunda abordagem, a paleobotânica como campo de pesquisa vem desenvolvendo análises principalmente no que diz respeito a esses caracteres foliares.

Hickey e Wolf (1975) pioneiros nesse campo de estudo, reconheceram a dificuldade da classificação das folhas fósseis encontradas isoladamente apenas com breves descrições do contorno das folhas, margens e configurações de veias principais, classificação essa que resultou em uma alta porcentagem de atribuições incorretas, especialmente no que diz respeito às folhas do Terciário Médio (atual Paleógeno-Neógeno). Assim, foi proposto um novo sistema de classificação de folhas com caracteres já utilizados e incluindo novos critérios, chegando a uma descrição mais elaborada e menos generalizada quando comparada a sistemas anteriores. O trabalho mais recente sobre o tema é o Manual de Arquitetura Foliar, proposto por Ellis et al. (2009), e trás uma revisão da terminologia de arquitetura foliar proposto por Hickey (1973) e que foi utilizada no presente estudo.

2.2. Tipos de fósseis paleobotânicos

De acordo com Marques de Souza (2015), a paleobotânica é uma das divisões da paleontologia que engloba conhecimentos de outras áreas como geologia e botânica, com objetivo de localizar, analisar e interpretar os registros de organismos através do tempo geológico, pelo meio dos fitofósseis descobertos.

As condições e processos que proporcionam a preservação dos fitofósseis, desde a sua morte até ser encontrado na natureza, são dados extremamente importantes para compreensão e classificação dos mesmos. Essas características nos fornecem informações essenciais a respeito dos paleoambientes e paleoclimas, proporcionando assim a oportunidade de reconstituir o passado. Portanto a fossilização de um organismo resulta da ação de um conjunto de processos distintos no ambiente deposicional, sendo que, tecidos e partes mais resistentes dos organismos podem ser preservados (IANNUZZI; VIEIRA, 2005). Assim os tipos de fossilização são divididos em dois grandes grupos; restos e vestígios (CASSAB, 2004). Aos restos são designadas as sobras de partes de organismos e aos vestígios quando há

apenas o registro de atividades ou evidências indiretas dos mesmos. Segundo, Marques de Souza (2015), os restos podem ser divididos em dois conjuntos, sendo eles macrofósseis (visíveis a olho nu) e microfósseis vegetais (necessita de microscopia para observação).

De acordo com Iannuzzi e Vieira (2005), nas plantas terrestres, os tecidos e estruturas que apresentam maior probabilidade de preservação são cutículas da epiderme, lenhos e envoltórios de esporos e pólenes. Isso deve-se principalmente pelo fato dessas partes apresentarem compostos orgânicos altamente resistentes como esporopolenina, cutina e lignina, compostos estes que normalmente são preservados no registro fóssil de plantas e que podem suportar alterações químicas, variações de pH e temperatura. A parede celular (ou celulósica) confere aos tecidos vegetais determinada resistência à degradação inicial. Ao contrário do protoplasma (parte viva), que é o primeiro a sofrer a ação dos agentes decompositores.

Scott e Collinson (1983) dizem que, sob condições aeróbicas, os compostos orgânicos dos vegetais tendem a se decompor na seguinte ordem temporal: a) protoplasmáticos, em poucos dias; b) celulose, em dias; c) lignina, em meses; d) cutina, após a degradação da lignina; e, e) esporopolenina, muito após os demais. Então, para que ocorra o processo de fossilização, a decomposição deve ser tardia e o soterramento das partes vegetais deve ocorrer o mais rápido possível para que alguns dos diferentes processos possam atuar no ambiente deposicional. Dentre esses processos de fossilização, os que ocorrem comumente em plantas são do tipo: molde/contramolde, compressão/impressão e permineralização/petrificação (Figura 1). Em alguns casos processos diferentes podem atuar em conjunto no processo de fossilização, formando um fóssil através de dois processos distintos.

As partes vegetais como folhas podem ser normalmente preservadas como compressão/impressão (Fig. 1-D), devido principalmente ao fato desse órgão ser bidimensional ou facilmente comprimido quando soterrado (IANNUZZI; VIEIRA, 2005). O processo de compressão ocorre em apenas um plano, o vertical, e dá origem a uma fina película composta de matéria orgânica denominada de compressão carbonificada. A carbonização ocorre quando ocorre a perda gradual de elementos voláteis da matéria orgânica na forma de gases e soluções restando somente o carbono. Esse tipo de fossilização ocorre com maior frequência nas estruturas constituídas por lignina e celulose, sendo muito comum nos vegetais; quando ocorre à lixiviação dessa matéria orgânica são formados os fósseis denominados de impressão que resulta apenas nos detalhes superficiais dos restos vegetais que foram soterrados (IANNUZZI; VIEIRA, 2005; CARVALHO, 2010).

A permineralização (Fig. 1-E) acontece quando há a infiltração e permeação inicial dos tecidos vegetais por águas saturadas de minerais, com posterior precipitação intracelular (lúmens celulares) e intercelular (interstícios celulares) de matéria mineral coloidal ou microcristalina, ou seja, consiste no preenchimento de poros ou pequenas cavidades por uma substância mineral como sílica, carbonato de cálcio, entre outras (CARVALHO, 2010). Como exemplos cita-se os troncos que são bastante suscetíveis a essa forma de preservação. Este tipo de fossilização exige uma completa lixiviação e total substituição por mais compostos minerais. Esta sequência de eventos permite a preservação de detalhes anatômicos dos tecidos vegetais, reproduzidos pela matéria mineral (MENDES, 1977; CASSAB, 2004; SCHOPF, 1975; IANNUZZI; VIEIRA, 2005; CARVALHO, 2010).

O tipo de fossilização que resulta em molde/contramolde (Fig. 1-C), comumente envolve uma cimentação externa bastante precoce dos restos ainda em sedimentos inconsolidados (não litificados), por compostos de ferro ou carbonatos, preservando em três dimensões a configuração superficial e feições da organização interna das partes orgânicas (IANNUZZI; VIEIRA, 2005). Por ser resultante de preservações originadas antes da diagênese dos sedimentos, este processo permite a preservação de estruturas delicadas (MENDES, 1977; CASSAB, 2004; SCHOPF, 1975; CARVALHO, 2010).

Além desses tipos, existem ainda alguns processos de fossilização que são particulares, dentre eles icnofósseis vegetais, que são vestígios da presença de vegetais nas rochas, como as estruturas de fitoturbação, marcas de raízes em corpos rochosos causados por algas; duritos que é a fossilização de partes duras dos vegetais, como as frústulas de diatomáceas e os esqueletos de algas coralinas; mumificação (Fig. 2-A) que é o processo no qual quase não há alterações dos tecidos, devido à resistência dos envoltórios externos (esporos, pólenes, macerais de lenho, frústulas de diatomáceas, etc.) e redução da atividade microbiana local (ambientes ácidos os quais favorecem a conservação de folhas e ramos); caustobiólitos mostram a presença de plantas ou colônias de algas através do acúmulo dos organismos ou de seus produtos metabólicos (CARVALHO, 2010; CASSAB, 2004; SCHOPF, 1975). Ocorrem dois tipos de caustobiólitos, os liptobiólitos que é o acúmulo de resinas que englobam espécimes vegetais, como copaíba (acúmulo de resina de copaíba-Leguminosae) e sapropelitos no qual correspondem a acúmulos de fitoplâncton, quase sempre em bacias de circulação restrita ou costeiras; em geral compreendem produtos metabólicos oleosos ou hidrocarbonetos, como nas colônias da *Cloroficeae bortryococcus*; E, por fim, a fossilização em âmbar (Fig. 2-B), que é uma substância resinosa utilizada para proteção e produzida por

gimnospermas e angiospermas. Essa resina quando entra em contato com o ar adquire rigidez ao sofrer polimerização. O nome do processo é ambarização, demanda milhões de anos e possui um subfóssil que é o estágio intermediário de fossilização do âmbar, que difere do âmbar propriamente dito devido à dureza, coloração e densidade, pois ocorre em apenas alguns milhares de anos (MENDES, 1977; CASSAB, 2004; SCHOPF, 1975; CARVALHO, 2010).

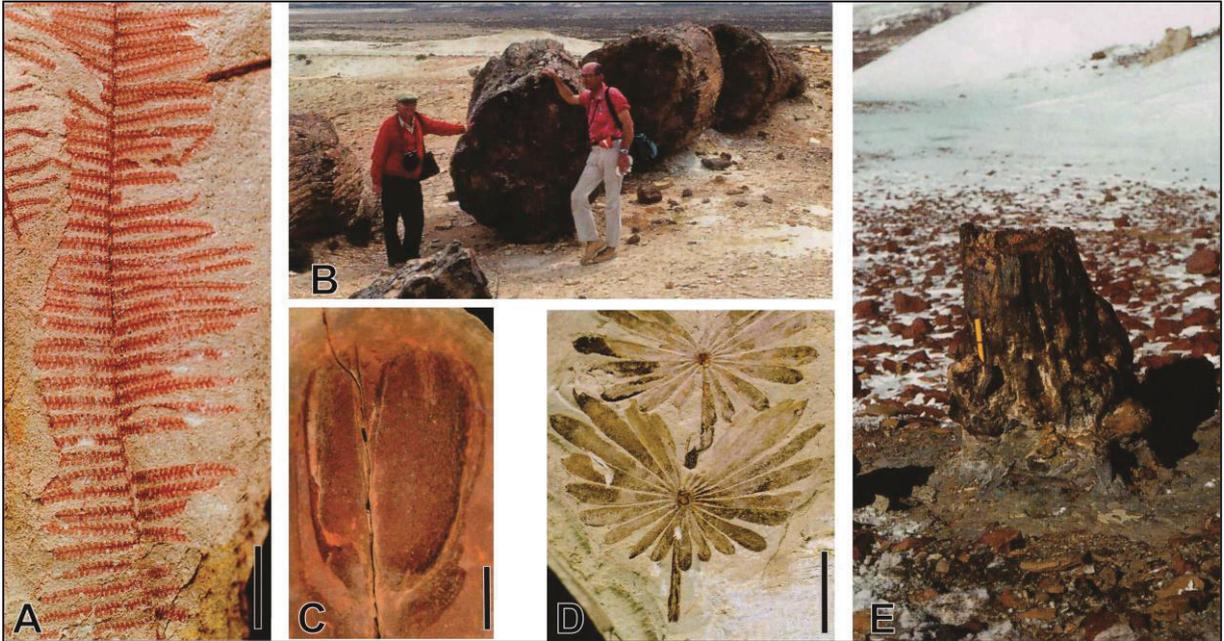


Figura 1. Tipos de fossilização que ocorrem comumente em plantas. A) fronde de samambaia comprimido proveniente do Cretáceo da Argentina. Escala 2 cm. B) Lenho petrificado do Jurássico da Argentina. C) Molde de semente proveniente da Pensilvania. Escala 2 cm. D) Impressão de folha proveniente da Pensilvania. Escala 1 cm E) lenho permineralizado *in situ* do Triássico da Antártica. (Extraído de TAYLOR et al., 2009).

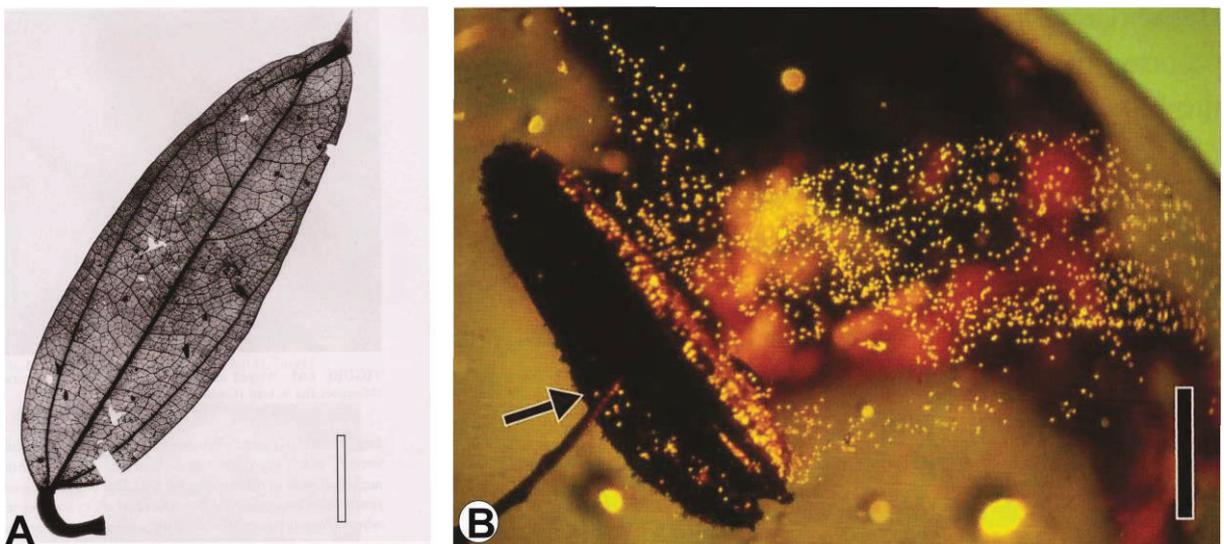


Figura 2. Exemplos de processos de fossilização particulares que podem ocorrer em plantas. A) Mumificação em folha de Lauraceae (Eoceno). Escala 2 cm. B) Ambarização de estame em processo de dispersão de pólen (Mioceno). Escala 1 mm. (Extraído de TAYLOR et al., 2009).

2.3. Paleobotânica da Amazônia no Cenozóico

De forma geral os trabalhos que retratam a paleoflora da Amazônia são de cunho palinológicos sendo estes os elementos paleoflorísticos mais estudados nos últimos trinta anos na Amazônia (SILVEIRA, 2015). Da comparação entre os palinomorfos fósseis e os taxa atuais é possível inferir variações climáticas ocorridas no período de deposição e consequentemente reconstruir a vegetação que outrora existira (PONS; DE FRANCESCHI, 2007; ABSY; SILVA 2009). Estes estudos abrangem diversas áreas no território amazônico, como exemplo os trabalhos de Rodrigues e Senna (2011) sobre a ilha do Marajó no Holoceno Superior; Meneses et al. (2012) Quaternário da Bacia do Abunã; Absy e Rodrigues (2013) Neógeno da Reserva Ducke; Silveira e Souza (2015) para a Bacia do Solimões de idades Neomiocena-Pliocena; Feitosa et al. (2015) Quaternário no Rio Madeira; Kachniasz e Silva-Caminha (2016) na Formação Solimões de idades Neomioceno-Plioceno.

A presença de lenhos fossilizados também é bastante expressiva para o Neógeno Amazônico com distribuição para as Bacias Sedimentares da Amazônia, Solimões e Acre (SOARES et al., 2017). Em contrapartida os trabalhos relacionados à descrição de folhas fósseis ainda são pouco relatados na literatura paleobotânica. Em uma revisão bibliográfica, encontrou-se dois trabalhos, Duarte (2004) e Borges et al. (2014), relacionados a folhas fósseis registradas para a região Amazônica brasileira.

Duarte (2004) realizou a descrição de 20 morfoespécies novas provenientes da Bacia de Pirabas, Formação Pirabas das localidades de Caieira (Olaría) e Capanema, ambas no estado do Pará. As impressões foliares foram identificadas através da afinidade com a flora atual, indicando a presença das famílias Nyctaginaceae, Lauraceae, Dilleniaceae, Theaceae, Caryocaraceae, Chrysobalanaceae, Euphorbiaceae, Rutaceae, Meliaceae, Sapindaceae, Tiliaceae, Myrtaceae, Melastomaceae, Rhizophoreaceae, Ebenaceae, Rubiaceae e Rapataceae para o Mioceno no Nordeste da Amazônia. A presença dessas famílias indicou que a paleoflora da região é idêntica a que hoje existe no mesmo local, caracterizada pela similaridade das famílias fósseis com as que estão estabelecidas na atualidade.

Borges et al. (2014) em seu estudo realizou a identificação de 10 impressões foliares de angiospermas através da análise da arquitetura foliar. Os espécimes apresentaram idades de ± 15.910 e ± 14.850 anos calibrados Antes do Presente (A.P.), correspondendo ao Pleistoceno Superior com dois gêneros identificados (*Luehea* e *Theobroma*) correspondentes à família Malvaceae.

Ainda relacionado a folhas fósseis, Silveira (2015) em sua tese de doutorado relata a existência de uma documentação paleoflorística de macrofósseis que inclui troncos, folhas e sementes em corpos argilosos, pelíticos ou arenoargilosos para o Neógeno na Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia e ainda afirma que a mesma possui similaridade com a paleoflora reconhecida na Amazônia brasileira.

2.4. Contexto geológico

2.4.1. Bacia do Abunã

A Bacia Sedimentar do Abunã está localizada junto à calha do Rio Madeira e estende-se em sua margem direita para o território boliviano. Esta bacia sedimentar caracteriza-se por um relevo plano, resultante de processos de acumulação de sedimentos fluviais ao longo do Quaternário (ADAMY; DANTAS, 2004). A bacia foi individualizada cartograficamente por Rizzotto et al. (2005) e Quadros et al. (2006), subsequente a caracterização fasciológica e interpretação ambiental do seu preenchimento sedimentar (ADAMY, 2010).

As propostas litoestratigráficas para a região iniciaram-se em 1978 pelo projeto RADAMBRASIL (1978), no qual foram estabelecidas três províncias com base na evolução geológica da área. São elas: Área Cratônica, Área de Ativação e Depósitos Cenozóicos, cada uma com suas características e particularidades (Quadro 1). Ainda no mesmo estudo foi proposta como sendo a base dos Depósitos Cenozóicos, a Formação Solimões correspondentes ao Mioceno Superior – Plioceno, e indica também a presença de sedimentos fluviais do Pleistoceno Superior e aluviões recentes (RADAMBRASIL 1978; HOLANDA; COZZUOL 2006).

Os autores Adamy e Romanini (1990) e Adamy e Pereira (1991) através do programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil estabeleceram para área o termo Cobertura Cenozoica, fazendo parte dos cinco principais domínios integrantes da Subprovíncia Madeira do Cráton Amazônico. A mesma composta pelas unidades sedimentares: Formação Solimões, representada por sedimentos argilosos e sílticos referentes ao Terciário Inferior (atual Mioceno Superior – Plioceno); Formação Jaciparaná, composta por fácies fluvial e colúvio-aluvial correspondente ao Pleistoceno Superior- Holoceno Inferior; e Sedimentos Aluviais recentes (Quadro 1).

A proposta litoestratigráfica atual para esta bacia vem dos estudos de Rizzotto (2005) e Quadros et al (2006) que estabelecem para a área as unidades sedimentares compostas pela Formação Rio Madeira atribuída ao Pleistoceno Superior e Formação Jaci-Paraná que foi restrita a um depósito mais fino e recente ao longo do rio.

Quadro 1. Histórico de propostas litoestratigráficas para Bacia do Abunã. (Modificado de BORGES et al., 2014).

GEOCRONOLOGIA				PROPOSTAS LITOESTRATIGRÁFICAS				
ERA	PERÍODO	ÉPOCA	Ma	RADAMBRASIL (1978)	ADAMY & ROMANINNI (1990) ADAMY & PEREIRA (1991)	RIZZOTTO (2005)	QUADROS ET AL. (2006)	
CENOZÓICO	NEÓGENO	HOLOCENO	0,01- Recente	Aluviões atuais	COBERTURA CENOZOICA	Aluviões atuais	Formação Jaci-Paraná	
								Formação Jaci-Paraná
		PLEISTOCENO	2,8-0,01	Formação Içá		Formação Rio Madeira	F. Rio Madeira	'mucururu'
		PLIOCENO	5,3-2,8	Formação Solimões				Parte inferior
MIOCENO	23-5,3							

2.4.2. Formação Rio Madeira

A definição da Formação Rio Madeira realizada por Rizzotto (2005) e Quadros et al. (2006) marcou a individualização da Bacia do Abunã englobando os depósitos essencialmente fluviais. A formação é caracterizada por apresentar sedimentos inconsolidados a semiconsolidados, parcialmente ferruginizados, constituídos por cascalhos e areias de granulação grossa, mal selecionada, estratificada, intensamente ferruginizados, além de argilas maciças a laminadas com restos vegetais na base, depositados no leito ativo e planície de inundação do rio Madeira durante a sua evolução, originando assim depósitos do tipo barra de canal longitudinal, transversal, barra em pontal, depósitos de diques marginais e mais raramente bacias laterais de inundação (RIZZOTTO 2005; ADAMY, 2010).

De acordo com estudo realizado por Rizzotto (2005), a sequência estratigráfica que melhor representa a Formação Rio Madeira é composta pelas seguintes camadas: camada inferior de argila plástica, cinza grafite a cinza claro, fossilífera, com contribuição variável de silte e areia fina, além de raros grânulos de quartzo. O conteúdo fossilífero observável a olho nu é representado por folhas carbonizadas, restos de vegetais (galhos) e partes de troncos de árvores. A camada de argila plástica, por ser impermeável, serviu de anteparo geoquímico ao processo de ferruginização dos sedimentos. Logo acima da camada de argila, separada geralmente por uma camada de areia fina endurecida por oxi-hidróxidos de ferro, ocorre uma camada de cascalho endurecido e soldado por siderita, óxidos e hidróxidos de ferro, de espessura variável, composto por seixos angulosos de quartzo-arenito, quartzito e quartzo leitoso. Essa camada cascalhífera é denominada pelos garimpeiros de “mucururu” e é onde se concentra o teor mais elevado de ouro, além de ser a camada-guia dos fósseis Pleistocênicos.

Datações radiocarbônicas a partir de matéria orgânica proveniente de troncos parcialmente carbonizados foram realizadas por Rizzotto et al. (2006). Essas amostras foram coletadas no nível guia de fósseis Pleistocênicos na calha principal do rio Madeira. As datações realizadas atribuíram idade correspondente ao Pleistoceno entre ± 46.310 há ± 27.310 anos A.P. para Formação Rio Madeira.

Meneses et al. (2012), atribuiu idades que estão compreendidas entre o intervalo de ± 41.350 a ± 43.500 correspondente ao Pleistoceno Superior. A datação foi realizada nos sedimentos da base e topo de uma camada de 95 cm de argila orgânica que foram coletadas em um perfil exposto pelas escavações dentro da área de abrangência da UHE Jirau

denominado de estaca 93. O material aqui analisado deriva deste mesmo afloramento, porém as folhas fósseis são provenientes da parte inferior deste mesmo nível de argila orgânica.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O local do estudo está inserido na área de abrangência da Usina Hidrelétrica de Jirau (UHE), localizada a 120 km da capital Porto Velho. A UHE Jirau foi implantada em 2009 na localidade denominada Ilha do Padre no Alto Rio Madeira que é o principal afluente da margem direita do Rio Amazonas. Esta usina faz parte do Complexo Rio Madeira e entrou em operação total em 2016 (Fig. 3). Segundo Meneses et al. (2012) O clima do estado de Rondônia é classificado como do tipo equatorial (quente e úmido), com temperatura médias anuais superiores a 26 °C. Possui elevado índice de precipitação, variando entre 2.000 e 3.000 mm anuais, principalmente entre os meses de dezembro a maio. A vegetação atual é caracterizada pela presença de uma floresta tipicamente tropical úmida (principalmente na área de abrangência da UHE Jirau), e presença de manchas de cerrado.

3.2. Nível fossilífero

O material aqui analisado provem do afloramento denominado Estaca 93 (Fig. 4), local no qual estava sendo construído o encontro do eixo da barragem com a casa de força, na margem direita do Rio Madeira (UTM 320.004/8974651).

Este afloramento corresponde à camada inferior da Formação Rio Madeira, no qual o nível fossilífero compreende uma camada de 95 cm de argila orgânica, caracterizada pela coloração variando de cinza grafite a cinza claro, do qual os macrorrestos aqui descritos foram resgatados. Esta camada é bem característica por apresentar um conteúdo fossilífero composto por fragmentos de vegetais observáveis a olho nu (Folhas carbonizadas, restos de vegetais e partes de troncos de árvores). O mesmo afloramento já foi descrito em trabalhos anteriores por Meneses et al. (2012a, 2012b e 2012c).

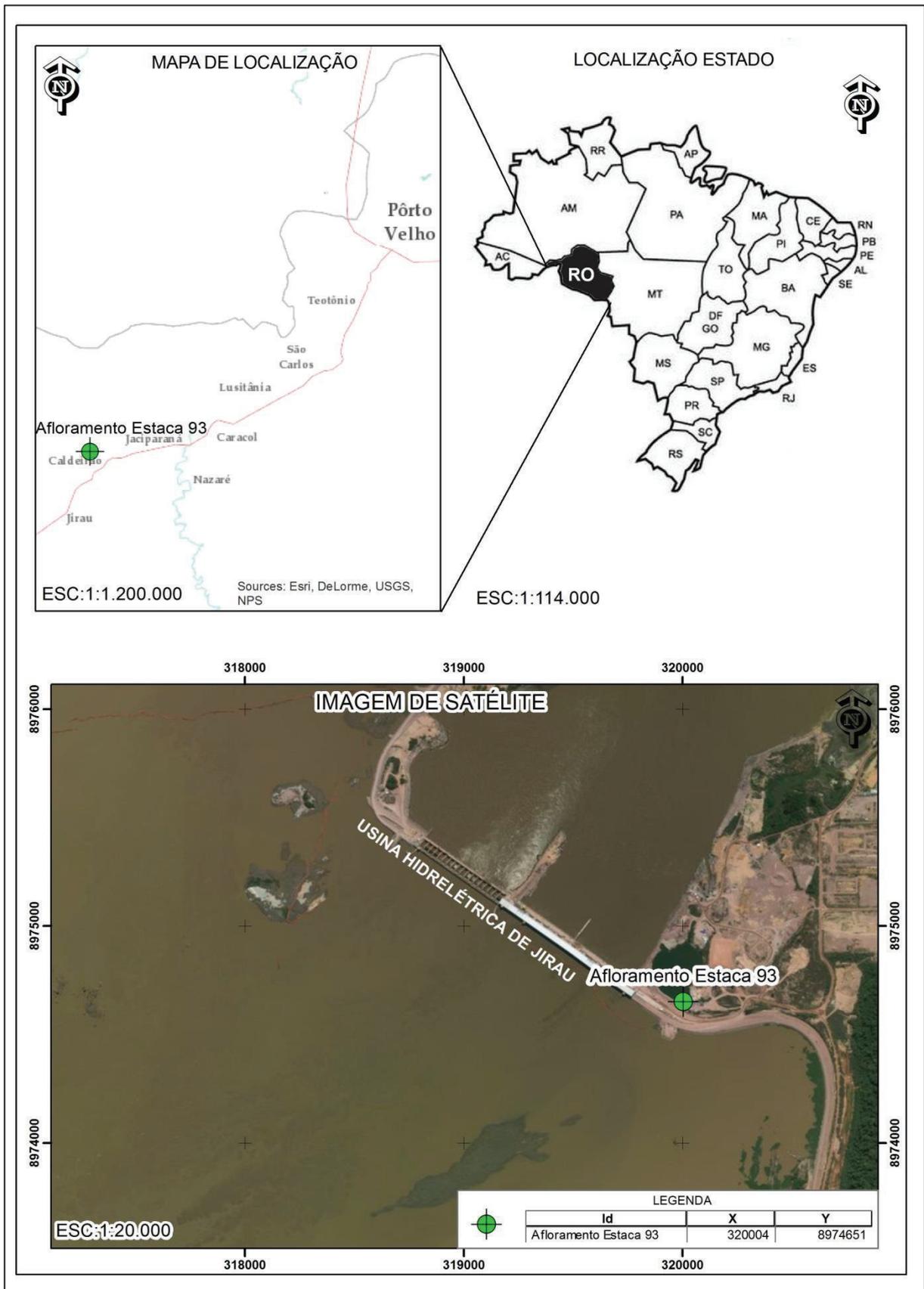


Figura 03. Mapa de localização geográfica da UHE Jirau e do ponto Estaca 93 em relação a capital Porto Velho-RO; mapa topográfico do local do afloramento anterior à instalação da UHE Jirau; e imagem de satélite atual evidenciando o ponto em cima do eixo direito da UHE Jirau.

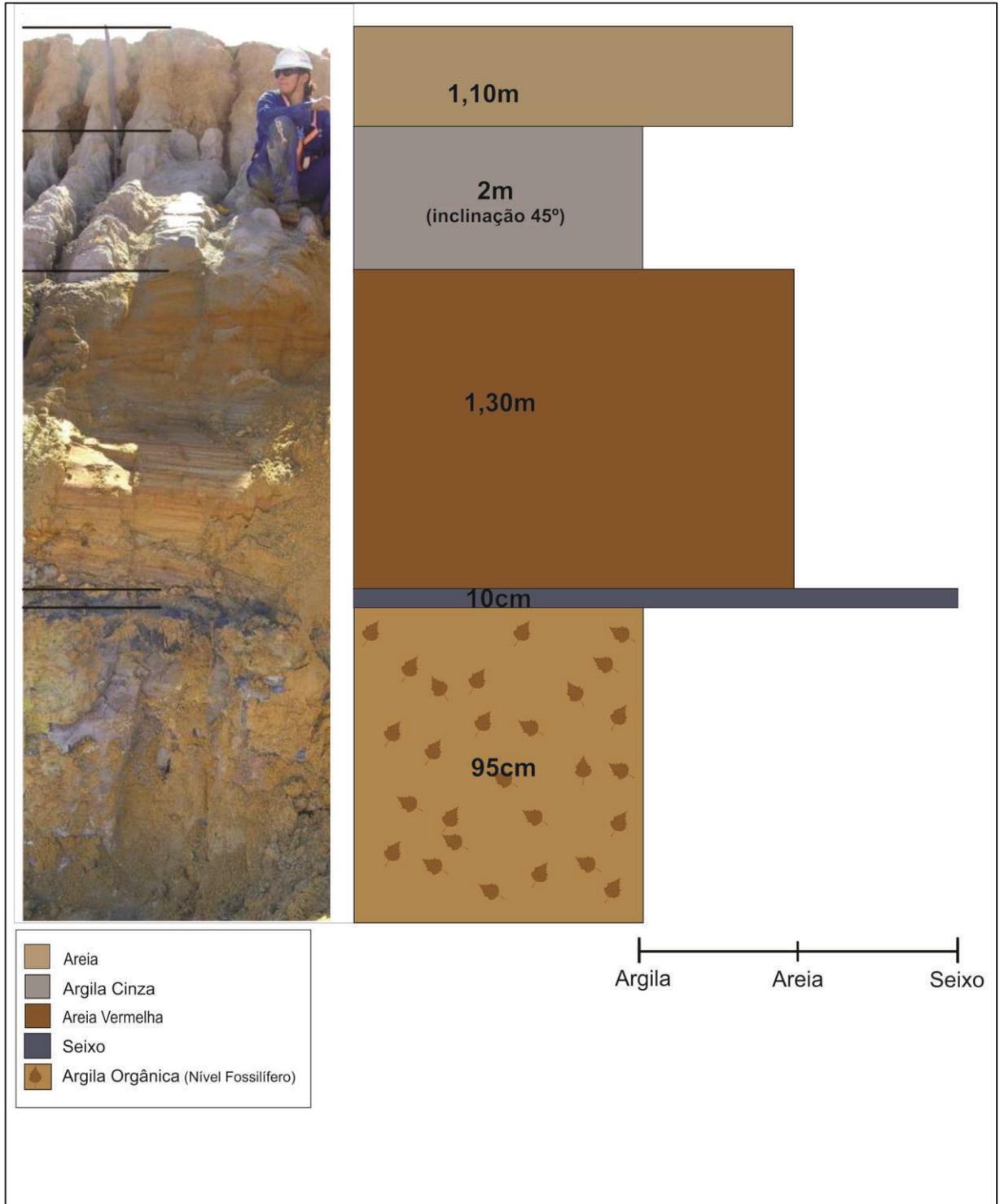


Figura 4. Perfil exposto pelas escavações da UHE Jirau denominado de Afloramento Estaca 93, evidenciando o nível de argila orgânica onde foram encontradas as folhas fósseis. (Modificado de MENESES et al. 2012).

3.3. Material

O material coletado consiste de fragmentos de folhas fósseis que foram resgatados pela equipe do Programa de Investigação, Salvamento e Monitoramento Paleontológico da Usina Hidroelétrica de Jirau (UHE), que salvaram um total de 1.485 peças paleobotânicas, que incluem: fragmentos de folhas e lenhos semi-atuais fossilizados, resinas e macrorrestos – folhas, lenhos, sementes, e material palinológico. Para este estudo foram selecionados 02 exemplares de folhas fósseis com base na preservação das características diagnósticas como forma da margem e presença de venação (Fig. 5).

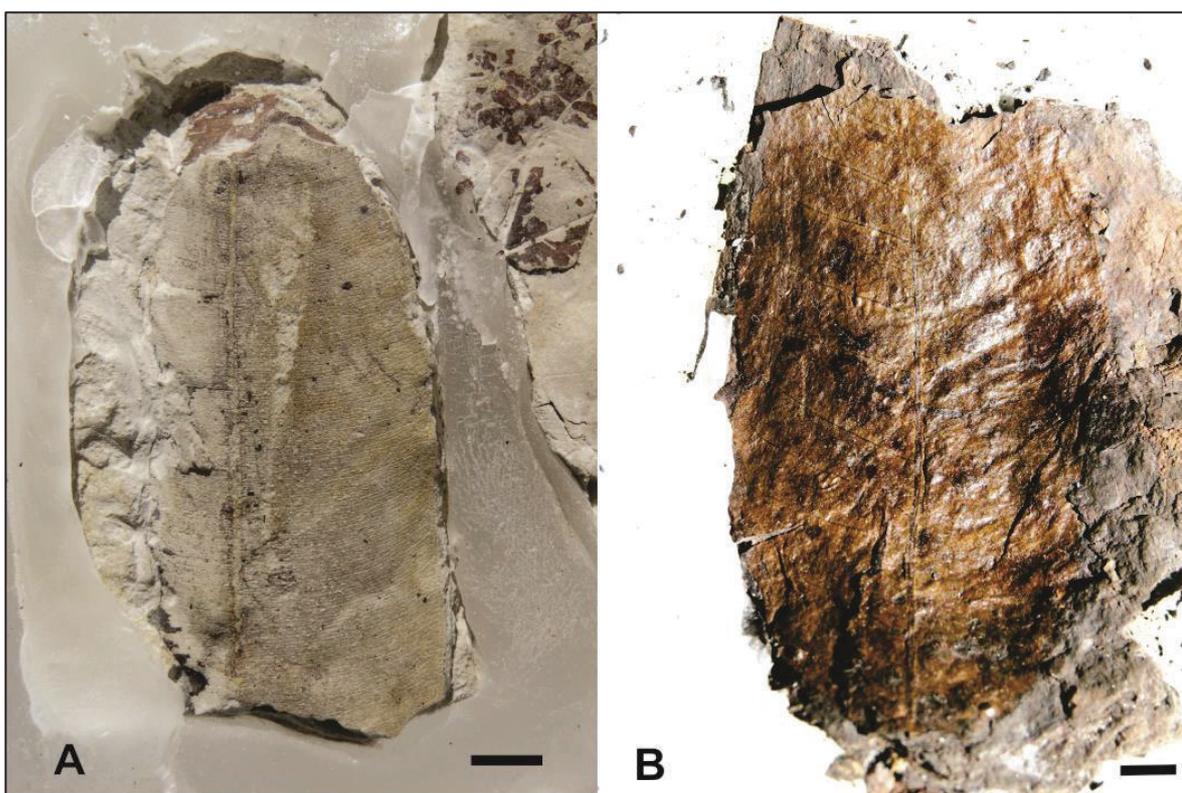


Figura 5. Material proveniente do afloramento Estaca 93, Formação Rio Madeira, Bacia do Abunã, Rondônia, Brasil, selecionado para estudo com base na qualidade de preservação. A) MORFOTIPO 01, UNIR 0022 PB. Escala 1cm B) MORFOTIPO 02, UNIR 0028 PB. Escala 1 cm.

A presença dos fragmentos vegetais foi bastante expressiva no afloramento, sendo que os mesmos foram preservados sobrepostos uns aos outros, sem nenhum tipo de orientação preferencial. As folhas fósseis foram preservadas em matriz argilosa, no qual alguns exemplares apresentam coloração cinza e outros uma tonalidade marrom devido à sobreposição dos mesmos no ambiente deposicional. O processo de fossilização se deu em forma de compressão foliar, com a presença bastante evidente da cutícula. Os fragmentos foram retirados do afloramento com o auxílio de martelos estratigráficos e espátulas, sendo

acondicionados, ainda em campo, em filmes de PVC. Posteriormente receberam numeração sequencial de controle e passaram por preparação curatorial, sendo que neste processo foram numerados, reembalados com filme PVC e colocados em moldes de parafina visando à facilitação da preservação (Figura 6).



Figura 6. Tratamento curatorial prévio realizado em amostras provenientes do afloramento Estaca 93, Formação Rio Madeira, Bacia do Abunã, Rondônia, Brasil. A) Amostra em tubo de PVC sendo preparada para inserção em parafina. B) Amostra já inserida em parafina.

Este material foi doado à Universidade Federal de Rondônia, recebendo numeração sequencial em livro tomo da instituição. Entretanto grande parte encontra-se sob guarda do Laboratório de Paleobiologia, *Campus* de Porto Nacional, na Universidade Federal do Tocantins.

3.4. Datação

A datação para a camada da qual provém o material aqui analisado, já foi apresentada em estudos anteriores por Meneses et al. (2012a, 2012b e 2012c), atribuindo a essa camada idade correspondente a ± 43.500 anos calibrados em A.P. na qual a técnica utilizada para datação foi a de Espectrometria de Aceleração de Massa (AMS), realizada no laboratório da Beta Analytic, Flórida, EUA. Essas amostras foram coletadas numa camada de 95 cm de argila plástica orgânica, correspondente tanto a sedimentos como da matéria orgânica proveniente das plantas fósseis coletas.

Segundo Santos et al. (1999), o método de Espectrometria de Aceleração de Massa (AMS) determina a idade de uma amostra utilizando a concentração residual de C^{14} contida na mesma. Obtido o valor da concentração, pode-se convertê-lo em idade, que corresponde ao

intervalo de tempo em que a amostra deixou de estar em equilíbrio, desde sua assimilação ao seu decaimento radioativo. Esse intervalo de tempo é denominado idade C^{14} , ou idade rádio carbônica. As idades C^{14} obtidas foram calibradas em anos antes do presente (A.P.) a partir do *software* CALIB 6.0 (STUIVER; REIMER 1993), utilizando-se a curva de calibração para o Hemisfério Sul.

3.1. Metodologia de análise

3.1.1. Documentação Gráfica

As folhas fósseis foram fotografadas com câmera Cannon SX50. Depois de fotografadas as feições morfológicas da arquitetura foliar dos espécimes foram redesenhadas no programa CorelDRAW para detalhamento dos padrões de venação de primeira até a sequência de ordem preservada, a fim de realizar um levantamento com mais características possíveis (Fig. 8). Análises complementares foram realizadas através de observação com auxílio de um Estereomicroscópio.

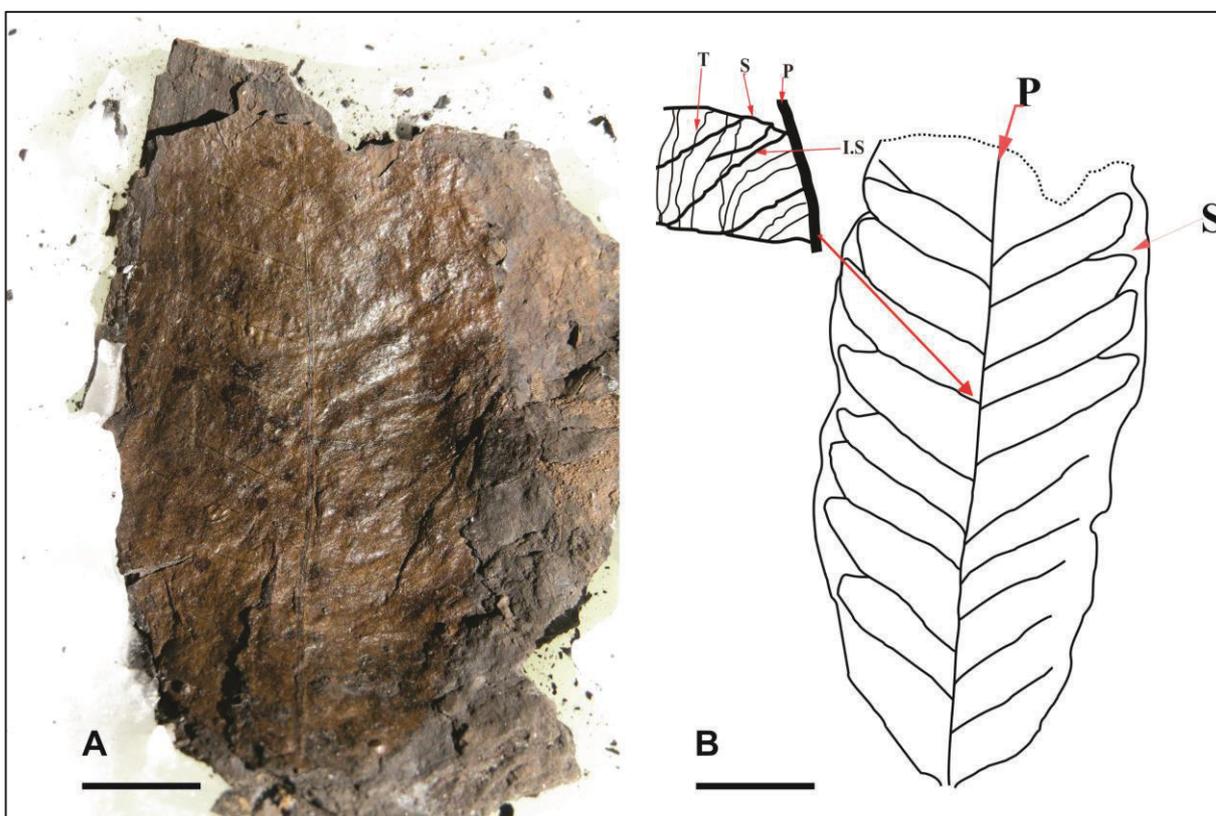


Figura 8. Metodologia utilizada para detalhamento dos padrões de venação a partir do programa CorelDRAW. A) MORFOTIPO 0028 P.B. B) Detalhamento do Morfotipo UNIR 0028 P.B., seguindo a classificação proposta pelo Manual de Arquitetura Foliar, no qual, P - corresponde a venação principal, S - correspondendo a venação secundária, T - correspondendo a venação terciária e IS referindo a veias intersecundárias. Escala de 1cm.

3.1.2. Análise da Arquitetura Foliar

A análise da arquitetura foliar foi efetuada sob Estereomicroscópio com auxílio do paquímetro digital e transferidor para obtenção de dados de dimensões lineares e angulares.

As características foram descritas utilizando a nomenclatura proposta pelo Manual de Arquitetura Foliar (Ellis et al., 2009). Assim os espécimes foram avaliados quanto:

- a) A sua organização foliar, sendo elas simples (Fig. 9-F) ou composta (Fig. 9-E);
- b) Simetria laminar, simétrica (Fig. 9-G) ou assimétrica (Fig. 9-H);
- c) Forma laminar podendo ser do tipo ovada quando a parte mais larga da folha está sobre uma reta perpendicular, situada nos dois quintos basais do eixo longo da folha (Fig. 9-A); elíptica quando a parte mais larga da folha está sobre uma reta perpendicular, situada no terceiro quinto do eixo longo da folha (Fig. 9-B); obovada a parte mais larga da folha está sobre uma reta perpendicular, situada nos dois quintos apicais do eixo longo da folha (Fig. 9-C); ou oblonga quando a parte mais larga da folha corresponde ao terço médio do eixo longo, onde as margens opostas tornam-se, aproximadamente, paralelas (Fig. 9-D).

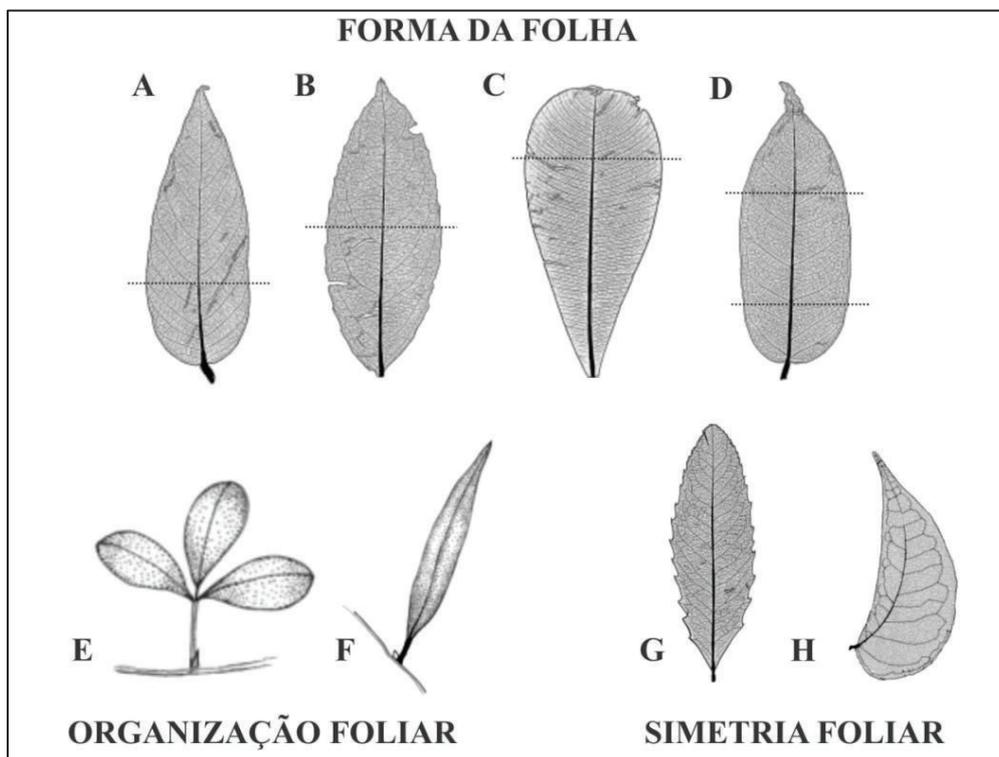


Figura 9. Caracteres avaliativos utilizados na classificação dos morfotipos, seguindo modelo proposto pelo Manual de Arquitetura Foliar. A, B, C e D correspondem à forma laminar; E e F organização foliar; G e H simetria laminar, classificados segundo Manual de Arquitetura Foliar. (Modificado de Ellis et al. 2009).

d) Forma do ápice, podendo ser: agudo, no qual a margem nos 25% apicais da lâmina não apresenta curvatura significativa (Fig. 10-C); convexo, no qual a margem nos 25% apicais da lâmina curva-se para fora do centro laminar (Fig. 10-A); arredondado, que é um tipo de convexo no qual a margem forma, nos 25% apicais da lâmina, um arco semicircular (Fig.10-B);

e) Forma da base: cuneada, no qual a margem entre a base e os 25% iniciais da lâmina não possui curvatura significativa (Fig. 10-F); arredondado, que é um subtipo de convexa no qual a margem forma, nos 25% iniciais da lâmina, um arco semicircular (Fig. 10-D); convexa, no qual a margem entre a base e os 25% iniciais da lâmina, não apresentam curvatura significativa (Fig. 10-E); e,

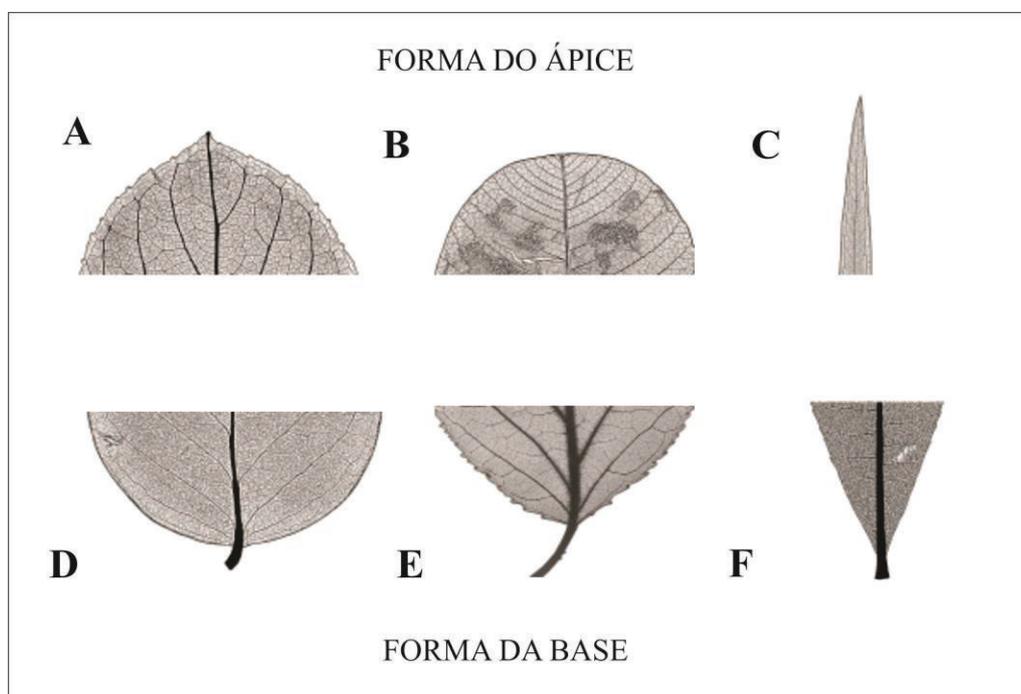


Figura 10. Caracteres avaliativos classificados segundo Manual de Arquitetura Foliar no qual A, B e C correspondem aos tipos de ápice, sendo A) ápice acuminado B) Convexo e C) Agudo; D,E e F correspondem aos tipos de base no qual D) convexo E) agudo e F) cuneado (Modificado de ELLIS et al. 2009).

f) Forma da margem que foi classificada em inteira (lisa) ou não inteira (denteada e demais sub tipos).

g) Tamanho de área foliar no qual as classes foram obtidas a partir de modelo padrão e calibrado de tamanho fornecido pelo Manual de Arquitetura Foliar de Ellis et al. (2009), este é o método mais rápido de obter estas classes. Reproduzidos em uma transparência e mantendo-se a escala fornecida, permitem a imediata obtenção das diferentes classes (Fig. 11).

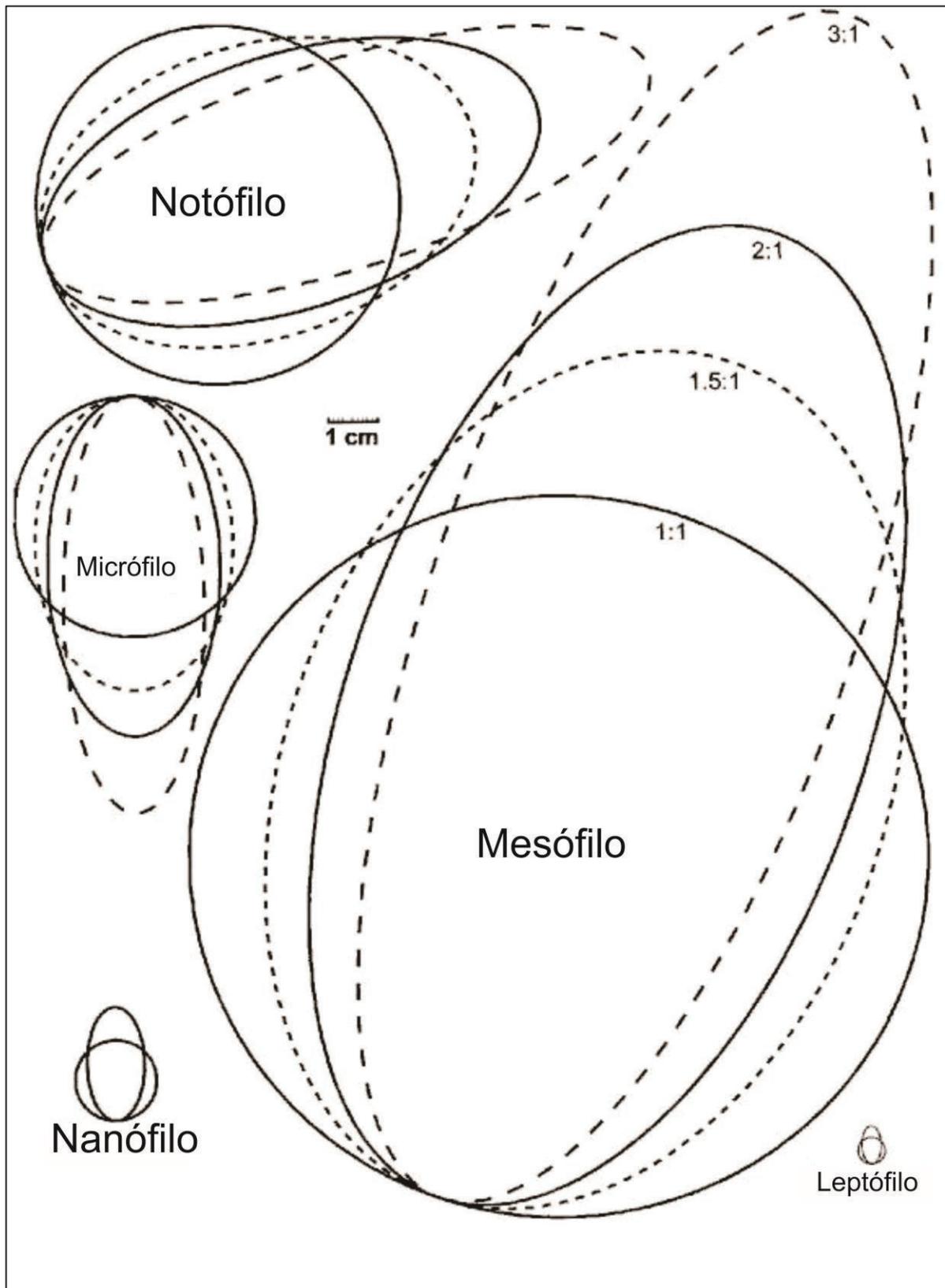


Figura 11. Modelo padrão e calibrado de tamanho foliar fornecido pelo Manual de Arquitetura Foliar (Modificado de ELLIS et al., 2009).

Venação dos macrorrestos que foram analisados seguindo o esquema proposto pelo Manual de Arquitetura Foliar (ELLIS et al., 2009). A venação primária pode ser classificada como: Pinada, actinódroma, palinactinódroma, acródroma basal ou suprabasal e campilódroma. A venação secundária pode ser classificada em broquidódroma, broquidódroma festonada, eucamptódroma, cladódroma, reticulódroma, craspedódroma, semicraspedódroma, semicraspedódroma festonada, acródroma basal e suprabasal, veia intramarginal e veia interior (Fig. 12). Seguindo também essa classificação para os demais padrões de venação preservada.

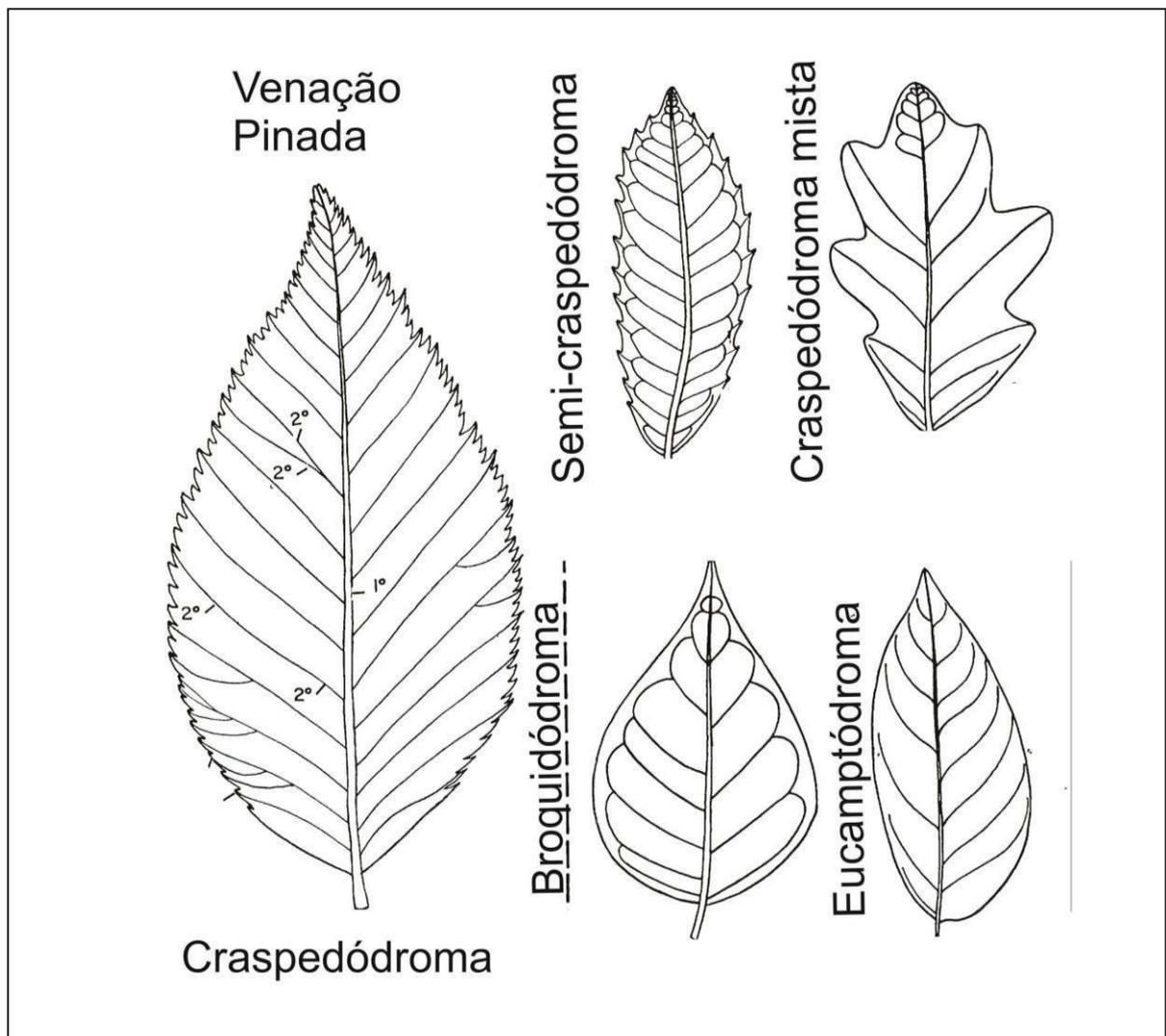


Figura 12. Tipo de venação primária e secundária. Modelo proposto pelo Manual de Arquitetura Foliar (Modificado de HICKEY, 1973).

3.1.3. Identificação Taxonômica

A afinidade botânica foi obtida pelo meio da chave filogenética de angiospermas proposta por Hickey (1973), Hickey e Wolfe (1975). Essa chave é baseada na estrutura dos caracteres foliares, conforme ordem e família considerando o padrão de venação, configuração da margem e quando possível à posição de glândula encontrada nos espécimes. A classificação seguiu o reconhecimento do sistema de classificação sistemática moderna revelada pelos estudos filogenéticos recentes APG III (2009).

As afinidades entre os fósseis descritos no presente estudo e as espécies modernas, baseiam-se apenas em semelhanças, portanto não podem representar relações naturais ou filogenéticas a nível específico. Entretanto, segundo Spicer e Thomas (1986), uma vez descritas em sua morfologia, folhas que são preservadas em assembléias fossilíferas mais jovens que o Eoceno (período no qual o estudo se encaixa), podem ser tratadas com a mesma metodologia classificatória utilizada para os táxons modernos e, inclusive, receber epítetos que remetam às relações existentes. Assim as afinidades (espécie e gênero) foram estabelecidas por meio de comparações com espécies atuais através do livro Flora da Reserva Ducke de Ribeiro et al. (1999). Já para as relações com a flora fóssil foi realizado um estudo sistemático e morfológico detalhado de todas as morfoespécies que possuem afinidades genéricas ocorrentes a partir do Neógeno em todo o mundo.

3.1.4. Estabelecimento de inferências paleoclimáticas e paleoambientais

O levantamento de dados para inferências paleoambientais e paleoclimáticas foi realizado após a análise da arquitetura foliar e identificação taxonômica dos macrorrestos, a partir do conjunto de informações extraídas das espécies atuais afins e dos caracteres diagnosticados a partir da análise de arquitetura foliar. Também foi realizado comparações com trabalhos sobre o tema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Sistemática paleobotânica

4.1.1. Morfotipo 01

Divisão: MAGNOLIOPHYTA (Angiosperma)
Classe: MAGNOLIOPSIDA (Eudicotiledônea) Doyle e Hotton, 1991
Ordem: MALPIGHIALES Juss. ex Bercht. et J. Presl, 1820
 CALOPHYLLACEAE J. Agardh, 1858.
Calophyllum L., 1753.
Calophyllum sp.1

Espécie tipo: *Calophyllum nathorstii* Geyley, 1887

Holótipo: UNIR 0022 P.B

Localidade-tipo e horizonte-tipo: Afloramento Estaca 93, município de Porto Velho, RO, Brasil; Parte inferior da Formação Rio Madeira, Bacia do Abunã

Idade: ± 43.500 anos A.P., Pleistoceno Superior

Descrição macroscópica:

Compressão foliar parcialmente preservada no qual a base e ápice estão fragmentados (Fig. 13-A e C). Venação principal bem marcada de espessura grossa na base e vai afinando quando aproxima do ápice. A venação secundária é bem evidente terminando em uma venação marginal de forma que preenche todo campo foliar em vez de terciárias como normalmente acontece. Cutícula ainda preservada na folha fóssil (Fig. 13).

Diagnose:

Folha simples, medialmente simétrica, elíptica, margem inteira, mesófila. Venação primária pinada, secundárias eucamptódroma apresentando ângulo agudo para o ápice. As terciárias aparecem discretamente sem padrão preferencial observado.

Descrição:

Consiste de uma única folha, simples, margem inteira, sem preservação de pecíolo, parte preservada (limbo foliar) medindo 46,03 mm de comprimento e 21,89 mm de largura localizada a 25,35 mm do ápice, isto é, na metade da distância entre o ápice e a base correspondendo a uma folha do tipo mesófila (com área de 45,0 – 182,25 cm²), formato elíptico; lâmina possivelmente simétrica (fig. 13- A e B).

A venação principal com ramificações (pinada), monopodial (em linha reta), comprimento preservado 39,86 mm, espessura grossa na base e fina no ápice (fig. 13- B). secundárias numerosa com cerca de 3-4 veias por mm, com 14,75 mm de comprimento partindo da venação principal até a venação marginal (medida extraída do lado direito no

qual a característica está mais bem preservada), regularmente espaçada, não ramificada (Fig. 13- B), próximas uma da outra terminando numa veia marginal (Fig. 13- D), venação classificada como eucamptódroma de espessura moderado a fino e ângulo agudo para o ápice (Fig.13- A e B). Terciárias aparecem discretamente sem um padrão claro em toda lamina foliar, no qual a diferença para as veias secundárias é muito sutil, já que as mesmas não diferem muito em sua espessura (Fig.13-E).

Discussão e comparações:

Características como folha simples e inteira, venação do tipo pinada, eucamptódroma e venação terciária não aparente a olho nu, são características compartilhadas com a família Calophyllaceae (*sensu* STEVENS, 2001, 2006). Além disso, a família apresenta características como presença de venação do tipo broquidódroma ou reticulódroma, e venação terciária às vezes escalariforme (PÉREZ; CASTILLO-CAMPOS, 2015).

Calophyllaceae é uma família reconhecida pelo sistema APG III (2009), e faz parte da Ordem Malpighiales. Em classificações anteriores, a família já foi considerada como pertencente à Clusiaceae (APG II). Na nova classificação ocorreu a remoção dessa família das Clusiaceae apoiada em trabalhos filogenéticos, sendo as mesmas consideradas como grupos parafiléticos (DAVIS et al., 2005; APG III, 2009; WURDACK e DAVIS, 2009).

Atualmente, as plantas pertencentes à Calophyllaceae estão incluídas em 13 gêneros e 460 espécies ocorrendo em todo mundo. Estas plantas são caracterizadas vegetativamente pelo hábito arbóreo-arbustivo e lianescente. Apresentando folhas alternas ou opostas, simples, inteiras, frequentemente coriáceas, geralmente com margem foliar inteira com ausência de estípulas e bainha (Stevens 2001, 2006).

A família possui distribuição pantropical, com maior diversidade nos paleotrópicos, encontradas principalmente em continentes como Ásia; África; Américas; Austrália e também nas ilhas do Pacífico (STEVENS 2001, 2006; CABRAL et al., 2011). No Brasil possui ampla distribuição, exceto nos estados do Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul. Estas estão distribuídas nos domínios fitogeográficos: Amazônia; Caatinga; Cerrado; e Mata Atlântica (BITTRICH et al., 2015).

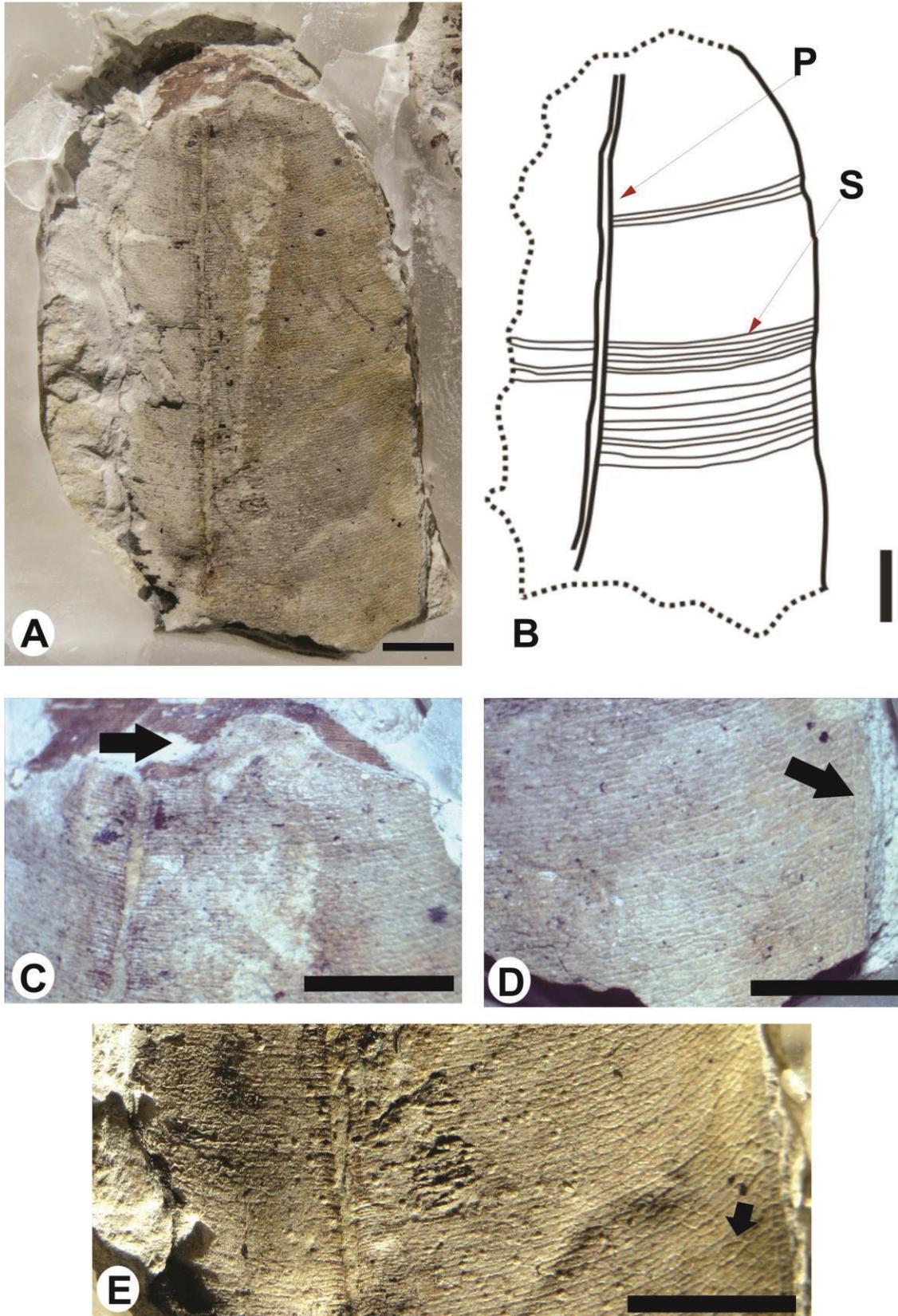


Figura 12. A- *Calophyllum sp1* (MORFOTIPO 01, UNIR 0022 P.B.) proveniente do afloramento Estaca 93, Formação Rio Madeira, Bacia do Abunã, Rondônia, Brasil. Pertencente à Calophyllaceae em matriz argilosa de coloração acinzentada. B – Desenho do Morfotipo 01, evidenciando a venação primária e secundária. C – Ápice fragmentado em evidência. D- Secundária terminando em veia marginal evidenciada pela seta. E- Venação terciária presente em toda lamina foliar, seta evidenciando a mesma. Escala 1cm.

Da comparação com os gêneros modernos de Calophyllaceae a presença de inúmeras veias secundárias paralelas preenchendo todo campo foliar, venação terciária não aparente a olho nu, indicam afinidade do material aqui estudado ao gênero *Calophyllum* L. (*sensu* STEVENS, 1974; 2006;). *Calophyllum* é o gênero mais numeroso da família, com cerca de 190 espécies (APG III 2009), sendo facilmente reconhecível por apresentar folhas inteiras com canais resiníferos e veias secundárias particularmente próximas e paralelas entre si (STEVENS 1974; 2006). No Brasil ocorrem quatro espécies pertencentes ao gênero, sendo que, apenas uma foi encontrada para o estado de Rondônia *Calophyllum brasilienses* Cambess, popularmente denominada de guanandi (SOTHERS et al., 2013; BFG 2015). Geralmente os membros desse gênero estão associados a áreas de restinga e/ou associada a cursos d'água.

Folhas fósseis pertencentes à Calophyllaceae, registradas para o Cenozóico, ocorrem em diversas localidades asiáticas (Tab. 2), além de Brasil e EUA. O primeiro registro fossilífero referente ao morfogênero foi registrado por Geyler (1887), proveniente de sedimentos Neógenos de Borneo (Tabela 1). Contudo, o registro mais antigo da família vem de uma folha e foi realizado por Berry (1916), ocorrente no Paleógeno do Texas.

Tabela 1. Registros de folhas fósseis para a família Calophyllaceae e gênero *Calophyllum* que ocorrem em sedimentos Neógenos em todo mundo (Modificado de KHAN et al., 2017).

Espécie fóssil	Era	Localização	Referências
<i>Calophyllum suraikholaensis</i>	Neógeno	Nepal	Awasthi e Prasad (1990)
		Índia	Antal e Awasthi (1993), Awasthi e Srivastava (1992), Prasad et al. (2004), Joshi e Mehrotra (2007), Khan et al. (2009, 2011, 2015, 2017)
<i>Calophyllum striatum</i>	Neógeno	China	Jacques et al. (2015)
<i>Calophyllum</i> sp.	Neógeno	Nepal	Konomatsu e Awasthi (1996)
	Neógeno	Indonésia	Tobler (1923)
	Neógeno	Borneo	Geyler (1887)
<i>Calophyllum nathorstii</i>	Neógeno	Sumatra	Krausel (1929)
	Neógeno	Borneo	Geyler (1887)
<i>Calophyllum pliogenicum</i>	Neógeno	Brasil	Krasser (1903)
<i>Calophyllum siwalikum</i>	Neógeno	Índia	Khan et al. (2017)

O gênero *Calophyllum* é bastante relatado dentre os fósseis asiáticos, e a sua expressiva presença nesses países nos dá uma boa base para comparações com o morfotipo aqui descrito (Tab. 2).

A morfoespécie *Calophyllum suraikholaensis* Awasthi e Prasad foi registrada para o Nepal por Awasthi e Prasad (1990) e na Índia por Antal & Awasthi (1993), Awasthi e Srivastava (1992), Prasad et al. (2004), Joshi e Mehrotra (2007) e Khan et al.

(2009,2011,2015,2017). Este difere do morfotipo aqui analisado pelas secundárias não terminarem em uma veia marginal e também por apresentar o ângulo de divergência das veias secundárias somente da metade superior agudo em direção ao ápice. Assim como o morfotipo aqui descrito possuem de 3-4 veias por mm, porém de forma oposta ou alternadas.

Calophyllum striatum Ambwani, foi relatado na Índia por Ambwani (1992); Awasthi e Mehrotra (1995) e na China por Jaques et al. (2015) o qual foi o primeiro relato fóssil da presença do gênero na China. O morfotipo 01 difere deste, principalmente pelas secundárias apresentarem um ângulo de divergência, que é totalmente aguda para o ápice.

Calophyllum nathorstii Geyley foi registrado para o Cenozóico de Sumatra, e também relatado por Krausel (1929) em Borneo. Esta morfoespécie apresenta folha simples, inteira com base obtusa e secundárias muito próxima entre si em intervalos iguais, estas surgem a partir da venação principal e terminam na margem foliar (Geyley, 1887). Difere do morfotipo 01 pelas secundárias apresentarem diferentes ângulos em relação à venação principal e principalmente porque nem sempre as secundárias de *C. nathorstii* se originam na venação principal.

Calophyllum siwalikum Khan, Spicer, Spicer e Bera, descrito no trabalho de Khan et al. (2017), trata-se da primeira descrição dessa morfoespécie para o Neógeno na Índia. Este diferencia do nosso morfotipo por apresentar cerca de 1-2 veias por mm, opostas ou alternadas. O morfotipo aqui descrito apresenta de 3-4 veias por mm de forma oposta. Também há diferença no ângulo de divergência das veias secundárias de *C. siwalikum*, pois a metade inferior está quase em ângulo reto e da metade superior de ângulo agudo em direção ao ápice.

No Brasil Krasser (1903), relatou a presença de um morfotipo para a Família Calophyllaceae. A mesma foi registrada como uma nova morfoespécie para o gênero *Calophyllum*, porém não existe na literatura uma descrição consistente de suas características, apenas o registro de uma possível semelhança ao gênero atual *Calophyllum calaba*. Portanto, visto que se trata de uma semelhança com a espécie atual, optou-se neste estudo em não realizar-se comparações do morfotipo aqui analisado com *Calophyllum pliogenicum* descrito por Krasser (1903) ocorrente no Neógeno de Ouriçangas, Bahia, Brasil.

As feições morfológicas aqui diagnosticadas para a folha fóssil representada como *Calophyllum sp1*, permitem sua atribuição ao gênero *Calophyllum*, sendo que, a mesma difere de todas as outras morfoespécies pertencentes a esse gênero (Tab. 2). Portanto, *Calophyllum sp1* trata-se de uma nova morfoespécie para flora quaternária da Formação Rio Madeira sendo

o primeiro registro do morfogênero para a Bacia do Abunã e Amazônia brasileira o que contrasta com sua longa história fóssil na Índia.

Tabela 2. Características comparativas das folhas fósseis da família Calophyllaceae- gênero *Calophyllum* - que ocorrem em sedimentos Neógenos e Paleógenos no Brasil e em outros Países.

Epécie fóssil	Simetria	Foma	Base (ângulo, forma)	Ápice (ângulo, forma)	Magem	Venação primária	Venação secundária	Referência
<i>Calophyllum suraikholensis</i>	Simétrica	Oblonga	Aguna	Obtuso	Inteira	Pinada	Eucamptódromo/ Craspedódromo	Prasad et al. (2004)
<i>Calophyllum nathorstii</i>	Simétrica	*	Obtusa	*	Inteira	Pinada	*	Geyler (1887)
<i>Calophyllum striatum</i>	Simétrica	Elíptica	Aguna, cuneada	Culminado	Inteira	Pinada	eucamptódromo	Jacques et al. (2015)
<i>Calophyllum siwalikum</i>	Simétrica	Elíptica a Elíptica- ovoide	Cuneada	Redondo a ligeiramente agudo	Inteira	Pinada	eucamptódromo	Khan et al. (2017)
<i>Morfotipo 01</i>	Simétrica	Elíptica	N.P	N.P	Inteira	Pinada	eucamptódromo	Presente estudo

4.1.2. Morfotipo 02

Divisão: MAGNOLIOPHYTA (Angiosperma)

Classe: MAGNOLIOPSIDA (Eudicotiledônea) Doyle e Hotton, 1991

Ordem: MALPIGHIALES Wurdack & Davis, 2009

Família: CHRYSOBALANACEAE R. Br., 1818

Morfotipo 02

Holótipo: UNIR 0028 P.B.

Localidade-tipo e horizonte-tipo: Afloramento Estaca 93, município de Porto Velho, RO, Brasil; Parte inferior da Formação Rio Madeira, Bacia do Abunã

Idade: ± 43.500 anos A.P., Pleistoceno Superior

Descrição macroscópica:

Compressão foliar parcialmente preservada em matriz de coloração marrom, ápice pouco conservado. Venação principal bem evidente de espessura mais grossa na base que vai afinando em direção ao ápice. onze pares de secundárias bem evidentes, opostas e subopostas de forma que formam arcos próximos a margem foliar (Fig. 14 A e B).

Diagnose genérica e específica:

Folha simples, simétrica, oblonga, base convexa, margem inteira, mesófila, com presença de glândulas livres na base foliar. Venação primária pinada, secundárias opostas e subopostas, semicraspedódroma, com ângulo inconsistente e espaçamento irregular, presença de veias intersecundárias, terciárias sinuosas e percorrentes.

Descrição:

Consiste de um fragmento de folha simples, medialmente simétrica de formato oblongo com 68,31 mm de comprimento e 36,90 mm de largura aferido á 34,67 mm da base, ápice não preservado (possivelmente arredondado), base convexa de ângulo agudo com presença de um par de glândulas, margem inteira, folha mesófila (Fig. 14- B e D). Venação principal proeminente em linha reta (monopodial) do tipo pinada (Fig. 14-A). 11 pares de secundárias opostas e subopostas, semicraspedódroma apresenta ângulo inconsistente e espaçamento irregular, presença de veias intersecundárias (fig. 14-E). Terciárias com ângulo aumentando proximamente, sinuosas, percorrentes e mistas.

Discussão e comparações:

As características presentes na folha fóssil aqui analisada como folha simples, margem inteira, presença de glândulas e venação oposta e suboposta na mesma folha são padrões morfológicos básico da família Chrysobalanaceae (PRANCE, 1972, 1989). Esta família pode ser facilmente reconhecida por apresentar folhas simples e alternas, muitas vezes pecioladas e quase sempre inteiras. Estas podem ainda apresentar coloração variando de cinzenta escura ou negra, venação primaria pinada, terciárias escalariforme bem desenvolvida, apresentam também glândulas na base ou espalhadas na lâmina (STEVENS 2001; BURNHAM; JOHNSON, 2004; RIBEIRO et al., 1999)

Chrysobalanaceae é reconhecida pelo atual sistema de classificação de angiospermas (APGIII), e está incluída dentro da ordem Malpighiales, no qual varias sinapomorfias ao que se refere à reprodução da família, apoiam a sua monofila (YAKANDAWALA et al., 2010).

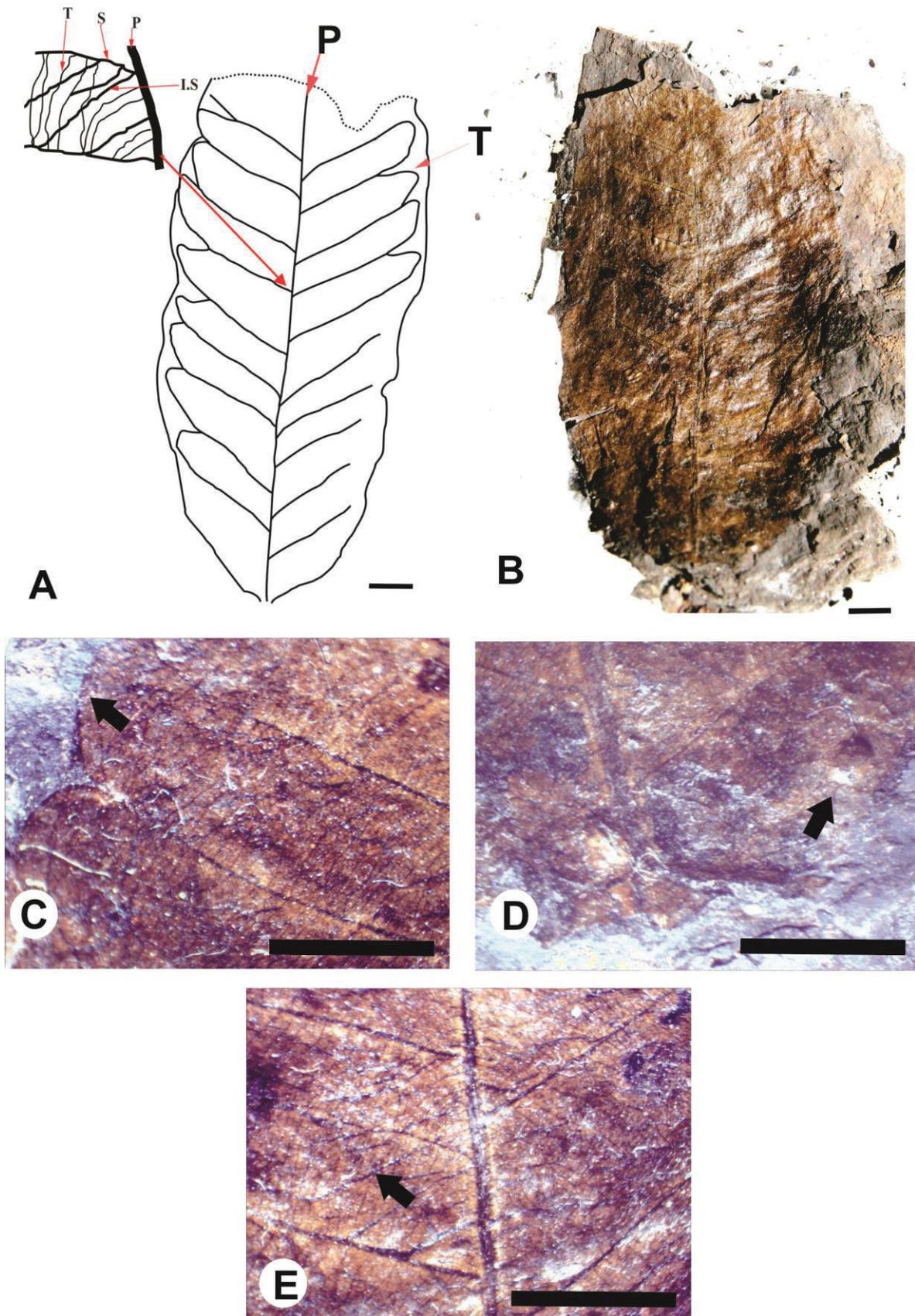


Figura 14. *Morfotipo 2* (MORFOTIPO 02, UNIR 0028 P.B.) proveniente do afloramento Estaca 93, Formação Rio Madeira, Bacia do Abunã, Rondônia, Brasil. Pertencente a Chrysoballanaceae A) Morfotipo redesenhado evidenciando a presença de suas venações preservada no qual P- corresponde a venação primária; S- venação secundária; T- venação terciária; IS- intersecundárias. B) espécime completo em matriz de coloração marrom. C) Margem foliar preservada D) Seta indicando a presença de glândula na base foliar. E) Intersecundárias evidenciada pela seta. Escala 1cm.

Estas compreendem 20 gêneros e mais de 500 espécies em todo o mundo, no quais 52 espécies e cinco gêneros são ocorrentes no estado de Rondônia. Em número de espécies é uma das famílias mais representativas em toda a Amazônia (DALY e PRANCE 1989). Chrysobalanaceae possui distribuição pantropical e são caracterizadas vegetativamente pelo hábito arbóreo-arbustivo com seu principal centro de diversidade nas florestas de terras baixas (PRANCE e WHITE, 1988; GENTRY, 1993, 1988; BURNHAM; JOHNSON, 2004). Traços tais como a forma da lâmina, tipo de estipulações, presença e a posição das glândulas variam entre as espécies e ajudam na diferenciação dentro de Chrysobalanaceae (CORRÊA et al., 2015).

No Brasil estão distribuídas nos domínios fitogeográficos: Amazônia; Cerrado; Caatinga e Mata Atlântica, pelas regiões, Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (SOTHERS et al., 2013).

O gênero *Couepia* é o que mais se assemelha com o espécime analisado neste estudo pela presença de glândulas livres na base foliar e venação oposta e suboposta na mesma folha. Este gênero possui 71 espécies limitadas à região neotropical com 59 registros de espécies, 10 subespécies e uma variedade no Brasil. As folhas desse gênero possuem características como: pecíolos cilíndricos ou canaliculados; lâmina oblonga diferindo dos demais gêneros no qual normalmente ocorrem do tipo elíptico (PRANCE, 1972).

As folhas fósseis de Chrysobalanaceae são registradas para o Mio-Plioceno nos Estados Unidos por Knowlton (1900; 1930); Pleistoceno na Costa Rica por Horn (2003) e Iott et al. (2011); Mioceno da Venezuela por Berry (1936); para o Mio-Plioceno do Brasil por Krasser (1903) e para Mioceno por Ettingshausen (1870), Berry (1945), Duarte (2004). Totalizando 10 registros de morfoespécies representantes da família Chrysobalanaceae para o Neógeno (Tab. 3). No entanto não há registro fóssil de folhas para o gênero *Couepia*.

Tabela 3. Registro de folhas fósseis atribuídas a Chrysobalanaceae para o Cenozoico em todo o mundo (Modificado de JUD et al., 2016)

EPÉCIE FOSSIL	ERA	LOCALIZAÇÃO	REFERÊNCIAS
<i>Chrysobalanus coloradensis</i>	Mio-Plioceno	Estados Unidos	Knowlton, 1930
<i>C. pollardiana</i>	Mioceno	Estados Unidos	Knowlton, 1900
<i>C. praeicaco</i>	Mio-Plioceno	Brasil	Krasser, 1903

<i>C. miocenicus</i>	Mioceno	Brasil	Ettingshausen, 1870
<i>C. venezuelanus</i>	Mioceno	Venezuela	Berry, 1936
<i>Hirtella hussakii</i>	Mio-Plioceno	Brasil	Krasser, 1903
<i>H. berryana</i>	Mioceno	Brasil	Duarte, 2004
<i>Licania pliocenica</i>	Mio-Plioceno	Brasil	Krasser, 1903
<i>Parinari sp.</i>	Pleistoceno	Costa Rica	Horn, 2003 ; Lott et al., 2011

Chrysobalanus pollardiana Knowlton (1900), registrada no Alaska, difere da folha aqui analisada por apresentar a base arredondada, secundárias alternas, irregular, de espessura muito fina, camptódroma e terciárias muito finas, praticamente em ângulo reto com a venação central.

Chrysobalanus coloradensis Knowlton (1930), registrada nos Estados Unidos, difere do morfotipo aqui analisado em toda a sua arquitetura. A folha arredondada é o que mais se diferencia do nosso morfotipo, porém características a presença de seis pares de secundárias finas; venação camptódroma e terciária numerosas, aproximadamente em ângulo reto com as secundárias também evidencia que o morfotipo não corresponde e nem se assemelha a esta morfoespécie.

Chrysobalanus venezuelanus Berry (1936), registrada na Venezuela, apresenta três ou quatro pares irregularmente espaçados de veias secundárias; essas divergem da veia média em ângulos largos, formam curvas regulares para cima, e têm terminação camptódroma. Divergindo do nosso morfotipo que apresenta na lamina preservados 11 pares de secundárias e as mesmas foram classificadas como semicraspedódroma.

Chrysobalanus miocenicus Ettingshsusen (1870), registrada no Brasil, difere da folha aqui analisada por apresentar forma elíptica e venação broquidódroma.

Chrysobalanus praeicaco; *Hirtella hussakii* e *Licania pliocênica* Ettingshsusen, essas espécies foram reladas por Krasser (1903) para o Brasil, não serão utilizadas para comparações, pois as mesmas não possuem descrições detalhadas de suas feições morfológicas foliares, apenas aparecem no relato sua afinidade com um gênero atual.

Parinari sp Horn (2003), também relatada por lott et al. (2011) na Costa Rica, esta é a morfoespécie que mais se assemelha com o Morpotipo 02, por apresentar venação secundária alternada e oposta na mesma folha, margem inteira e venação terciária alternada, percorrente. Porém apresenta algumas características divergentes, como o formato foliar que vai de elíptica a oblonga; mais de 21 pares de veias secundárias em espaçamento regular.

Hirtella berryana Duarte (2004), descrita para o Neógeno da Amazônia diverge do nosso morfotipo por apresentar oito veias secundárias opostas, classificada como camptódroma (broquidódroma), venação principal levemente sinuosa e ainda terciárias finas formando retículo irregular sem um padrão definido.

Com base nas feições morfológicas diagnosticadas a partir da análise de arquitetura do Morfotipo 02 é possível afirmar que o mesmo não possui afinidade com nenhum morfogênero ou morfoespécie já descrita para o Neógeno e Quaternário em todo mundo (Tab.4). Portanto propomos aqui que o Morfotipo 02 corresponde a um novo morfogênero e morfoespécie.

Tabela 4. Características comparativas das folhas fósseis da família Chrysobalanaceae que ocorrem no Neógeno e Quaternário no Brasil e em outros países. * dado não apresentado.

Espécie fóssil	Simetria	Forma	Base (ângulo,forma)	Ápice (ângulo,forma)	Margem	Venação secundária	Venação Terciária	Referência
<i>Chrysobalanus pollardiana</i>	Simétrica	Elíptica	*,Codiforme	Obtuso,*	Inteira	12 pares, camptódroma	Em ângulo reto com a venação principal	Knowlton (1900)
<i>Chrysobalanus coloradensis</i>	Simétrica	Oblonga -Elíptica	*,Truncada	Obtuso,*	Inteira	6 pares, camptódroma	Em ângulo reto com as secundárias	Knowlton (1930)
<i>Chrysobalanus venezuelanus</i>	Simétrica	*	*	*,Arredondado	Inteira	3 a 4 pares, camptódroma	Bem marcadas	Berry (1936)
<i>Chrysobalanus miocenicus</i>	Simétrica	Oblonga -Elíptica	*		Inteira	Broquidódroma	Unidas entre si por ramificações	Ettingshuse n (1870)
<i>Parinari sp.</i>	*	Oblonga -Elíptica	Agudo, cuneado	*	Inteira	Mais de 21 pares, Eucamptódroma	Aternadas e percorrentes	horn (2003)
<i>Hirtella berryana</i>	Simétrica	Oblonga -Elíptica	Atenuada,*	*,Culminado	*	8 pares, camptódroma-broquidódroma	Finas formando retículo irregular sem padrão	Duarte (2004)
Morfotipo 02	Simétrica	Oblonga	*,Convexa	*	Inteira	11 pares, semicraspedódroma	Sinuosas, percorrentes e mistas	Presente estudo

4.2. Considerações paleoclimáticas e paleoambientais

Durante o Quaternário os períodos glaciais e interglaciais do Último Máximo Glacial (LGM) se alternaram sobre as regiões do planeta e causaram mudanças na temperatura, nível dos oceanos e variações nas quantidades de gelo nas calotas polares. Neste evento principalmente os períodos climáticos mais áridos, influenciaram diretamente no padrão de distribuição da vegetação e clima dentro da Bacia Amazônica (COLINVAUXET al., 1996; COLINVAUX et al., 2000; VAN DER HAMMEN; HOOGHMSTRA, 2000; COLINVAUX; OLIVEIRA, 2001; VAN DER HAMMEN, 2001; BUSH et al. 2004; ANHUF et al., 2006; HOORN et al., 2010; COHEN et al., 2014; FEITOSA et al., 2015; SIOLI, 1985).

O Pleistoceno compreende o período que vai de ± 2.58 milhões a 11 mil anos atrás (*sensu* COHEN et al., 2017), iniciando com grandes mudanças climáticas que afetaram todo o

globo (ABSY; RODRIGUES, 2013). Estas mudanças correspondem às glaciações, que além da queda na temperatura, proporcionou um rebaixamento do nível do mar de cerca de 100 metros durante as fases de expansão glacial. Este evento (última fase interglacial) ocorreu há cerca de $\pm 120,000$ anos A.P., acompanhada por uma fase glacial de grandes variações com seu término há ± 11 mil anos A. P., quando se deu o início ao período Holoceno com a atual fase interglacial (ABSY; RODRIGUES, 2013).

De acordo com Vidotto et al. (2007) paleoclimas mais secos que o atual, provavelmente, dominaram algumas áreas da Bacia Amazônica, favorecendo a substituição da floresta tropical por vegetação do tipo campo. Pesquisas palinológicas têm demonstrado que a floresta úmida foi dominante entre ± 55.000 e ± 26.000 anos com um período intermediário de aridização dominado por gramíneas (ABSY; VAN DER HAMMEN, 1976). Estes estudos tem dado força à teoria dos refúgios florestais postulada por Edward Forbes em 1846 (conforme foi mencionado por MAYR; O'HARA, 1986) no qual afirma que, em certos períodos secos do Pleistoceno, a Floresta Amazônica ficou reduzida a manchas de floresta úmidas, onde espécies de animais e plantas passaram por drásticas mudanças nas condições climáticas, que causaram extinções e proporcionaram diferenciação e mudanças na distribuição geográfica.

Calophyllaceae possui distribuição pantropical (Fig. 15), com maior diversidade nos paleotrópicos (STEVENS 1980, 2001). No entanto possui ampla distribuição na região neotropical, habitando geralmente áreas de restinga e/ou associada a cursos d'água (MARINHO; AMORIM, 2016).

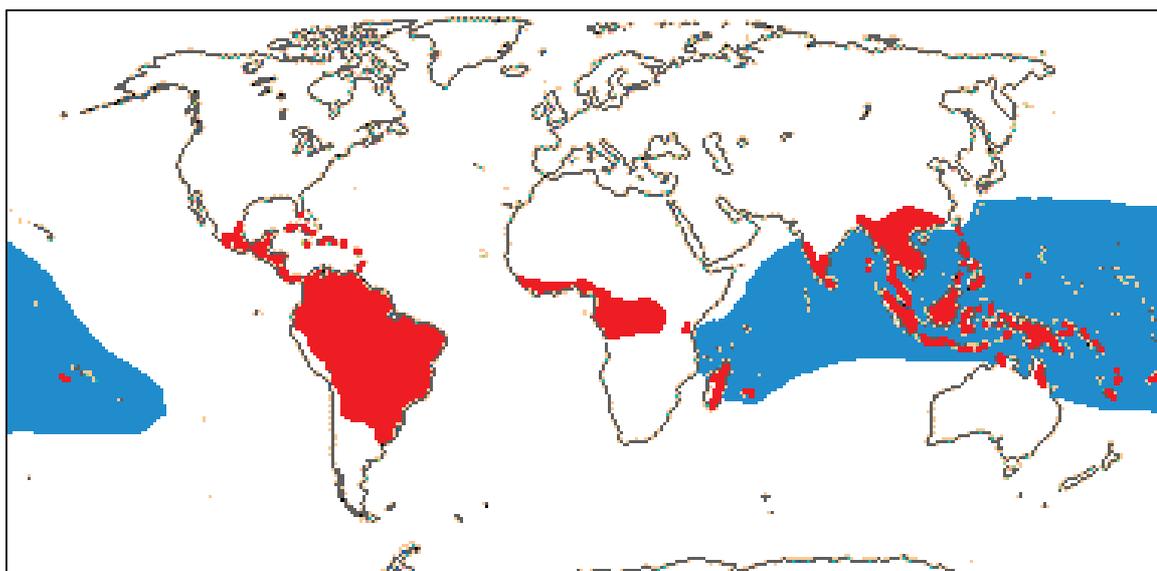


Figura 15. Distribuição geográfica atual para a família Calophyllaceae. Extraído de Stevens (2001).

Esse padrão preferencial atual para a região paleotropical é também observado quando analisamos os dados referentes a folhas fósseis para o cenozoico, visto que, os registros de folhas fósseis para essa família vem do gênero *Calophyllum* o qual possui um alto numero de registro para essa região (Fig. 16). Este fato levou Khan et al. (2017), a sugerir a Índia como o principal centro de origem e dispersão para esse gênero (Fig. 16).

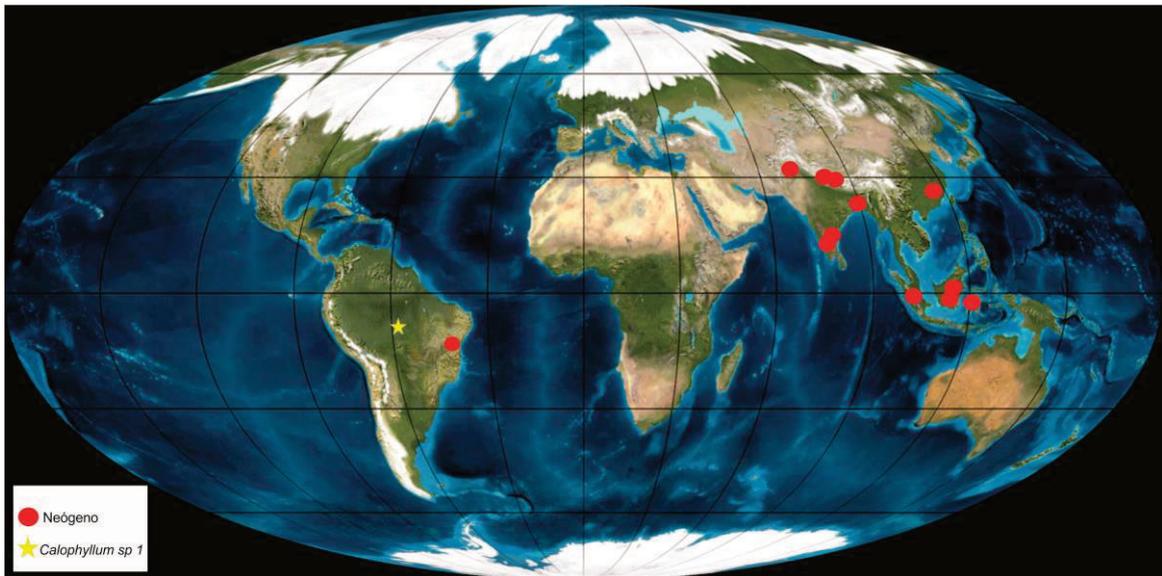


Figura17. Mapa de distribuição das morfoespécies de folhas fósseis pertencentes à Calophyllum durante o Neógeno em todo o mundo. (Modificado de <http://jan.ucc.nau.edu/rcb7/Pleistomoll.jpg>).

Atualmente as Chrysobalanaceae estão distribuídas nas regiões tropicais de todos os continentes (Fig. 17) com presença bastante expressiva no Neotrópico. Estas plantas crescem nos diversos habitats em regiões de baixa altitude, notadamente em florestas, matas de galeria, florestas inundáveis, cerrados e restingas (PRANCE, 2003).

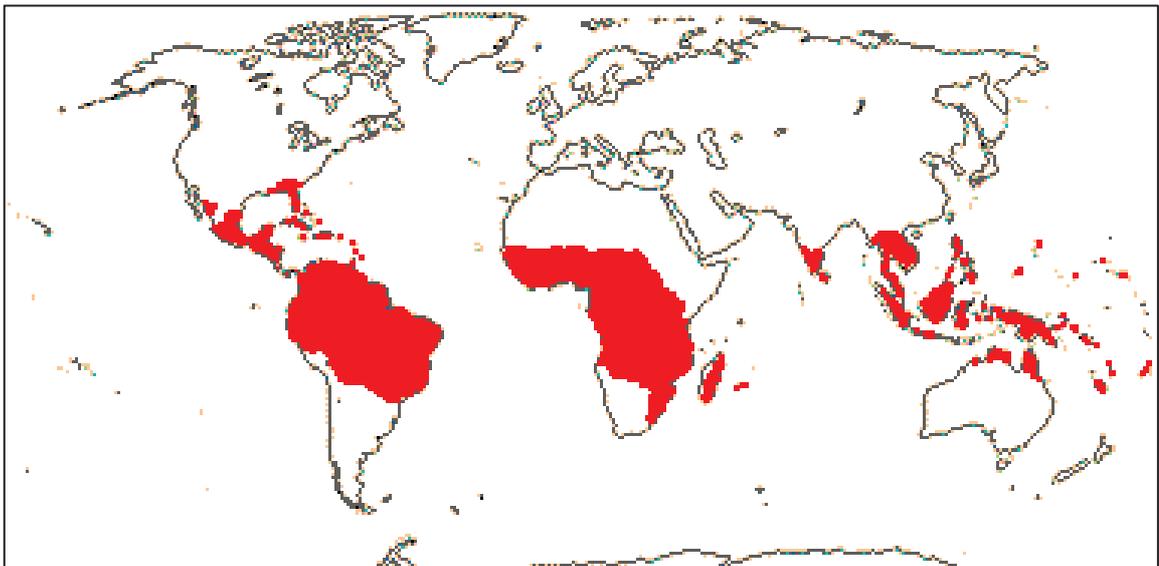


Figura 17. Distribuição geográfica mundial atual de Chrysobalanaceae. Extraído de Stevens (2001).

A história fóssil de Chrysobalanaceae é controversa e não é bem conhecida. Segundo Jud et al. (2016), isso deve-se principalmente porque os registros atribuídos a essa família provenientes do Paleógeno, Neógeno e Eoceno não serem devidamente confirmado. Chrysobalanaceae provavelmente se originou nos Paleotrópicos cerca de ± 80 milhões de anos e se dispersou no Neotrópico pelo menos quatro vezes começando $\pm 40-60$ milhões de anos (*sensu* Bardon et al. 2013). Assim, estudos como de Brandon et al. (2013), propõem que o centro de diversidade desta família está na Amazônia oriental e central, defendendo ainda, que a alta diversidade de espécies de Chrysobalanaceae nos Neotrópico pode ser causada por uma maior taxa de especiação nesta região (Fig. 18). No que diz respeito ao registro de folhas fósseis, esse padrão preferencial para a região neotropical é notório, visto que, os registros atribuídos a essa família estão todos oriundos dessa região.

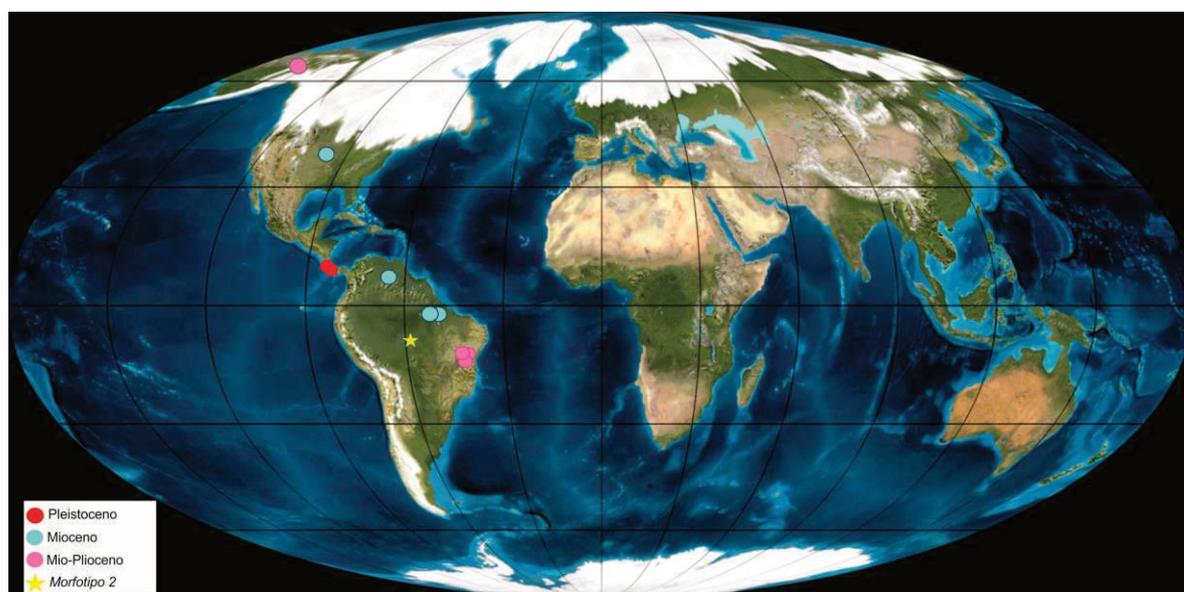


Figura 18. Mapa da distribuição das morfoespécies de folhas fósseis pertencentes à Chrysobalanaceae durante o Cenozóico em todo o mundo. (Modificado de <http://jan.ucc.nau.edu/rcb7/Pleistmoll.jpg>).

As famílias aqui estudadas estão intimamente relacionadas desde sua origem até o presente a regiões tropicais em todo o mundo, portanto a presença das mesmas suporta a interpretação de um ambiente de floresta tropical úmida estabelecida desde o Neopleistoceno à ± 43.500 anos A.P. para a Bacia do Abunã. Esta similaridade indica ainda que as condições climáticas deveriam ser as mesmas encontradas atualmente, já que os morfotipos possuem seus atuais modernos distribuídos na cobertura da flora atual. Esses dados corroboram a ideia proposta por Absy e Van Der Hammen (1976), que propõe o intervalo de ± 55.000 e ± 26.000 anos, no qual a floresta úmida foi dominante em toda região Amazônica.

As condições climáticas estabelecidas pela interpretação da distribuição das famílias também é sustentado pela interpretação da fisionomia foliar dos morfotipos aqui descritos.

Seguindo o modelo proposto por Dutra e Boardman (2004), as folhas fósseis aqui analisadas estavam associadas a um ambiente tropical quente e úmido, proposta sustentada pela presença dos caracteres: ápice, o qual não foi preservado, mas sugerimos que provavelmente eles variem de acuminado a agudo o que destacaria um ambiente de bastante umidade, já que, este tipo de forma está ligado a uma necessidade de drenar a umidade presente no ambiente; margem foliar, classificadas como inteira o que sugere um ambiente ameno a quente, com altos teores de umidade (WEBB, 1959; WOLFE, 1993); tamanho do limbo, folhas classificadas como mesófilas e venação fechada, ambas as características indicativas desse tipo de ambiente.

Estudos anteriores provenientes do mesmo afloramento e nível fossilífero sustentam a proposta de dominância de floresta tropical úmida, no qual amostras de sedimentos analisadas por Meneses et al. (2012), indicou a presença de floresta tropical, com tipos polínicos característicos de ambientes úmidos que compreende o intervalo entre ± 41.350 e ± 43.500 anos A.P., correspondente ao Neopleistoceno. No entanto as famílias aqui descritas não foram detectadas nas análises polínicas realizadas.

Os estudos de Rizzotto et al. (2006) e de Cozzuol et al. (2004), em análise dos palinomorfos de sítios paleontológicos na região de influência do UHE Jirau, indicaram a dominância de elementos palinológicos referentes a ocorrência de floresta úmida, também corroborando aos resultados aqui encontrado.

A representatividade de um mosaico florestal para a paleovegetação do rio Madeira durante o Quaternário foi atribuída por Feitosa et al. (2014). Este estudo demonstra a ocorrência de florestas de várzea de sucessão primária, chavascal e florestas de várzea de sucessão tardia com grande riqueza de espécies e alta diversidade, além da existência de espécies dominantes de florestas tropicais.

Borges et al. (2014) em seu estudo também indicou a ocorrência de floresta úmida a partir do Pleistoceno Superior para a Bacia do Abunã. Entretanto, como a datação foi realizada em sedimentos abaixo da camada fossilífera, obtendo idades de ± 15.910 e ± 14.850 anos calibrado A.P., o estudo não pode corroborar com os modelos de evolução vegetacional aqui proposto.

5. CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados e da discussão aqui apresentada, pode-se concluir que:

O espécime UNIR 0022 P.B. corresponde a uma nova morfoespécie do gênero *Calophyllum*, temporariamente denominado *Calophyllum sp1*, pertencente à família Calophyllaceae;

O espécime UNIR 0028 PB corresponde a um novo morfogênero e morfoespécie, provisoriamente denominado *Morfotipo 2*, pertencente a família Chrysobalanaceae;

O registro de ambas as famílias é inédito para o Pleistoceno Superior na Amazônia e amplia a distribuição paleogeográfica das famílias e gênero aqui descrito;

A presença destas morfoespécies e a partir da distribuição dos táxons modernos sugere-se um paleoclima tipicamente tropical semelhante ao atual. Assim como indica a presença de uma floresta úmida presente na Bacia Sedimentar do Abunã desde o Pleistoceno Superior.

6. REFERÊNCIAS

1. ABSY, M.L.; VAN DER HAMMEN, T. Some paleoecological data from Rondônia, southern part of the Amazon Basin. *Acta Amazônica*, v. 6, n. 3, p. 293-299, 1976.
2. ABSY, M.L.; RODRIGUES, I.D. Base de dados de pólen de espécies da Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 36, n. 1, p. 26-31, 2013.
3. ABSY, M.L. & SILVA, S.A.F. Registros palinológicos das mudanças climáticas na Amazônia brasileira durante o Neógeno. In: TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N.; WOODS, W. (eds.) *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas*. Manaus, AM, UFAM, v. 1, p. 39-47, 2009.
4. ADAMY, Amílcar. Geodiversidade do estado de Rondônia. Serviço Geológico do Brasil, 2010.
5. ADAMY A.; DANTAS M.E. Complexo Hidrelétrico Rio Madeira – Geomorfologia Setor Jirau. Porto Velho: CPRM-SGB Residência de Porto Velho, 2004.
6. ADAMY, A.; PEREIRA, L.A.C. Projeto Ouro e Gemas: Frente Rondônia. Relatório Anual, p. 8-35, 1991.

7. ADAMY, A.; ROMANINI, S.J. Geologia da região Porto Velho-Abunã. Folhas Porto Velho (SC. 20-VBV), Mutumparaná (SC. 20-VC-VI), Jaciparaná (SC. 20-VDI), Abunã (SC. 20-VCV), Estados de Rondônia e Amazonas. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. DNPM/CPRM, Brasília, 1990.
8. AMBWANI, K. Leaf impressions belonging to the Tertiary Age of North-East India. **Phytomorphology**, v. 41, p. 139–146, 1992.
9. ANHUF, D. et al. Paleo-environmental change in Amazonian and African rainforest during the LGM. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 239, p. 510–527, 2006.
10. ANTAL, J.S.; AWASTHI, N. Fossil flora from the Himalayan foot-hills of Darjeeling District, west Bengal and its palaeoecological and phytogeographical significance. **Palaeobotanist**, v.42, p. 14–60, 1993.
11. APG III. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of The Linnean Society**, v. 161, p. 122–127, 2009.
12. AWASTHI, N.; PRASAD, M. Siwalik surai khola area, western Nepal. **Palaeobotanist**, v. 38, p. 298–318, 1990.
13. AWASTHI, N.; SRIVASTAVA, R. Fossils leaves and a fruit from Warkalli Beds, Kerala Coast, India. **Geophytology**, v. 21, p. 53–57, 1992.
14. AWASTHI, N.; MEHROTRA, R.C. Oligocene Flora from Makum Coalfield, Assam, India. **Palaeobotanist**, v. 44, p. 157–188, 1995.
15. BARDON, L. et al. Origin and evolution of Chrysobalanaceae: insights into the evolution of plants in the Neotropics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 171, n. 1, p. 19–37, 2012.
16. BERRY, E.W. The lower Eocene Floras of southeastern North America. **US Geol. Surv. Prof. Pap**, v. 91, p. 1–481, 1916.
17. BERRY, E.W. Tertiary plants from Venezuela. **Proceedings of The United States National Museum**, v. 83, p. 335–360, 1936.
18. BERRY, E.W. Late Tertiary fossil plants from eastern Colombia. **Johns Hopkins University Studies in Geology**, v. 14, p. 171–186, 1945.
19. BERRY, E.W.; HOLLICK, C.A.A. **late Tertiary flora from Bahia, Brazil**. Johns Hopkins Press, 1924.
20. BFG. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, p. 1085–1113, 2015.

21. BHATTACHARYYA, B. Tertiary plant fossils from cherrapunji and laitryngew in Khasi and Jainta Hills, assam. **The Quart. J. of the Geol., Mining and Metallurgy Soc. of India**, v. 39, p.131–134, 1967.
22. BITTRICH, V. et al. *Calophyllaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB121875>>.
23. BORGES, M.S. et al. Impressões foliares Pleistocenas de Malvaceae na área de abrangência do aproveitamento hidroelétrico Jirau, Rondônia, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 41, n. 3, p. 243-255, 2014.
24. BROWN, R.W. **Additions to the flora of the Green River Formation**. V. 154, p. 279 – 292, 1929.
25. BURNHAM, R.J.; JOHNSON K.R. South American palaeobotany and the origins of neotropical rainforests. **Philosophical Transactions of The Royal Society B, Biological Sciences** 359, p. 1595–1610, 2004.
26. BUSH, M.B. et al. Amazonian paleoecological histories: one hill, three watersheds. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 214, p. 359-393, 2004.
27. CABRAL, F.N. et al. As Clusiaceae Lindl. (Guttiferae Juss) s.s., Calophyllaceae J. Agardh e Hypericaceae Juss. no Parque Nacional do Viruá (Roraima) e biologia reprodutiva de *Clusia* s.p. (*Clusia nitida* Bittrich, ined). **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**, 2011.
28. CARVALHO, I.S. **Paleontologia: Conceitos e Métodos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ed. Interciência, Brasil, 2010.
29. CASSAB, R.C.T. Objetivos e Princípios. In: CARVALHO, I. S. (org.), 2ª ed. **Paleontologia**, Rio de Janeiro: Interciência, p. 3-11, 2004.
30. CHANEY, R. W.; SANBORN, E. I. The Goshen flora of west-central Oregon: Carnegie Inst. **Washington, Pub**, v. 439, p. 97, 1933.
31. COHEN, M.C.L. et al. Late Pleistocene glacial forest of Humaitá—Western Amazonia. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 415, p. 37-47, 2014.
32. COHEN, K.M. et al. The ICS International Chronostratigraphic Chart. (2013; Updated). V. 36, p.199-204, 2017.
33. COLINVAUX, P.A. “Quaternary Environmental history and forest diversity in the neotropics”. In JACKSON, J. B. C., BUDD, A. F. & A. G. COATES (eds.): **Evolution and Environment in Tropical America**. Univ. Chicago Press, p. 359-405 e 425, 1996.

34. COLINVAUX, P.A.; DE OLIVEIRA, P.E. "Palaeoecology and climate of the Amazon Basin during the last glacial cycle". **J. Quaternary Sci.**, v. 15, p. 56-347, 2000.
35. COLINVAUX, P.; DE OLIVEIRA, P.E. "Amazon plant diversity and climate through the Cenozoic". **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 166, p. 51-63, 2001.
36. CORREA, M.M.; SCUDELLER, V.V.; ARAUJO, M.G.P. Comparative leaf morphological analysis of 20 species of Chrysobalanaceae. **Acta Amazonica**. Manaus, v. 45, n. 1, p. 13-20, 2015.
37. COZZUOL, M.A.; LATRUBESSE, E.M.; SILVA, S.A.F. **Estudo de viabilidade para implementação de usinas hidrelétricas no Rio Madeira. Porto Velho, UNIR/RIOMAR/FURNAS, p. 56, Relatório inédito, 2004.**
38. DALY, D.C.; PRANCE, G.T. Brazilian Amazon. In: Campbell, D.G. & Hammond, H.D. (eds.). Floristic inventory of tropical countries. **New York Botanical Garden**, New York, p. 401-426, 1989.
39. DAVIS, C.C. et al. Explosive radiation of malpighiales supports a mid-cretaceous origin of tropical rain forests. **Amer Nat**, v. 165, p. E36–E65, 2005.
40. DUARTE, L. **Florula da Formação Pirabas, Estado do Para, Brasil**. Ph.D. Dissertação, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1972.
41. DUARTE, L. Paleoflórula. Cap. 6. In: ROSSETTI, D.F. & GÓES, A.M. (eds.). *O Neógeno da Amazônia Oriental*. Museu Emílio Goeldi. Coleção Friedrich Katzer. p. 169-198, 2004.
42. DUARTE, L.; MELLO FILHA M. C. Florula cenozoica de Gandarela, Minas Gerais. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, v. 52, p. 77–91, 1980 .
43. DUTRA, L.D.; BOARDMAN, D.R. **Folhas das Angiospermas: Taxonomia, preservação e sua aplicação na reconstituição das floras e dos climas do passado**. ed: Unilasalle, Editores: Lilian de L. Timm, Cristina Vargas Cademartori, Cap. 2.9, p.109-120, 2004.
44. ELLIS, B. et al. **Manual of leaf architecture**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 2009.
45. ETTINGSHAUSEN, C.V. Beitrage zur Kenntniss der fossilen Flora von Radoboj: Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaft en , **Band 61 Abt.** V.1, p. 829–906, 1870.
46. FEITOSA, Y.O. et al. Late Quaternary vegetation dynamics from central parts of the Madeira River in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29, n. 1, p. 120-128, 2015.

47. GENTRY, A.H. Changes in plant community diversity and floristic composition environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 75, p. 1-34, 1988.
48. GENTRY, A.H. Four neotropical rainforests. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA, 1993.
49. GEYLER, H.T. Über fossil Pflanzen von Labuan. Vega Exped. *Vertenskaper Arbor*, v. 4, p. 475–507, 1887.
50. HAFFER, J. Speciation in Amazonian forest birds. *Science*, v. 165, n. 3889, p. 131-137, 1969.
51. HICKEY, L.J. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American journal of botany*, v.60, n. 1, p. 17-33, 1973.
52. HICKEY, L.J.; WOLFE, J.A. The bases of Angiosperm phylogeny: vegetative morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 62, p. 538-589, 1975.
53. HICKEY, L.J. A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *Anatomy of the dicotyledons. I. (Metcalf, CR & Chalk, L.) Clarendon Press: Oxford*, p. 25-39, 1980.
54. HOLANDA, E.C.; COZZUOL, M.A. New records of Tapirus from the late Pleistocene of southwestern Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 9, n. 2, p. 193-200, 2006.
55. HOORN, C. et al. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *science*, v. 330, n. 6006, p. 927-931, 2010.
56. HORN, S.P. et al. Pleistocene plant fossils in and near La Selva Biological Research Station, Costa Rica. *Biotropica*, v. 35, p. 434-441, 2003.
57. IANNUZZI, R.; VIEIRA, C.E.L. *Paleobotânica*. Ed. da UFRGS, 2005.
58. JACQUES, F.M.B. et al. A tropical forest of the middle Miocene of Fujian (SE China) reveals Sino-Indian biogeographic affinities. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 216, p. 76-91, 2015.
59. JOHNSON, K.R. **A high resolution megafloral biostratigraphy spanning the Cretaceous-Tertiary boundary in the northern Great Plains**. Unpublished Ph.D. dissertation, Yale University, 1989.
60. JOSHI, A.; MEHROTRA, R.C. Megaremaines from the Siwalik sediments of west and east Kameng Districts, Arunachal Pradesh. *Geological Society of India*, v. 69, n. 6, p. 1256-1266, 2007.

61. JUD, N.A.; NELSON, C.W.; HERRERA, F. Fruits and wood of Parinari from the early Miocene of Panama and the fossil record of Chrysobalanaceae. **American journal of botany**, v. 103, n. 2, p. 277-289, 2016.
62. KACHNIASZ, K.E.; SILVA-CAMINHA, S.A.F. Palinoestratigrafia da Formação Solimões: Comparação entre bioestratigrafia tradicional e o método de associações unitárias. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 19, p. 3, 2016.
63. KHAN, M.A. et al. Evidence for diversification of Calophyllum L. (Calophyllaceae) in the Neogene Siwalik forests of eastern Himalaya. **Plant Systematics and Evolution**, v. 3, n. 303, p. 371-386, 2017.
64. KHAN, M.A.; DE B.; BERA, S. Leaf-impressions of Calophyllum L. from the Middle Siwalik sediments of Arunachal Sub-Himalaya, India. **Pleione**, v. 3, n. 1, p. 101–106, 2009.
65. KHAN, M.A. et al. Floral diversity during Plio-Pleistocene Siwalik sedimentation (Kimin formation) in Arunachal Pradesh, India, and its palaeoclimatic significance. **Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments**, v. 91, n. 4, p. 237-255, 2011.
66. KHAN, M.A. et al. Leaf cuticular morphology of some angiosperm taxa from the Siwalik sediments (middle Miocene to lower Pleistocene) of Arunachal Pradesh, eastern Himalaya: Systematic and palaeoclimatic implications. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 214, p. 9-26, 2015.
67. KRASSER, F. Konstantin von Ettingshausen's Studien u̇ber die fossile Flora von Ouricanga in Brasilien. Sitzungs-Ber Kaiserlichen Akad Wiss. **Math Naturwiss Kl**, v. 112, p. 852–860, 1903.
68. KRAUSEL, R. Fossile Pflanzen aus den Tertiar von Sud-Sumatra. **Verhand Geol Mijnb Genootsch Neder Kolon Geol Ser**, v. 9, p. 1–44, 1929.
69. KONOMATSU, M.; AWASTHI, N. Some plant fossils of the Churia (Siwalik) Group from Tinau Khola and Binai Khola west-central Nepal. In: Proceeding of symposium Himalayan geology Shimane University, Shimane, 1996.
70. KNOWLTON, F.H. **Fossil plants of the Esmerelda Formation**. U.S. Geological Survey 21 st Annual Report, pt. in: *General geology, economic geology Alaska*, Government Printing Center, Washington D.C., USA. p. 209-220, 1900.
71. KNOWLTON, F.H. The flora of the Denver and associated formations of Colorado. **U .S. Geological Survey Professional Paper**, v. 155, p. 1–142, 1930.
72. LAKHANPAL, R.N. Specific identification of the Guttiferous leaves from the Tertiary of Rajasthan. **Palaeobotanist**, v. 12, p. 265–266, 1964.
73. LAWG (Leaf Architecture Working Group). **Manual of leaf architecture:- morphological description and categorization of dicotyledonous and net-**

- veined monocotyledonous angiosperms**. Smithsonian Institute: Washington, DC. 67 pp, + CD-ROM. Jodrell, 1999.
- 74.LOTT, T.A. et al. Pleistocene flora of Rio Puerto Viejo, Costa Rica. **Palaeontologia Electronica**, v. 14, p. 1-15, 2011.
- 75.MACGINITIE, H.D. Middle Eocene flora from the central Sierra Nevada. Contributions to Paleontology Series, Carnegie Institution of Washington Publication 534, Washington, D.C., USA, 1941.
- 76.MARINHO, L.C.; AMORIM, A.M. Floras das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Calophyllaceae. **Rodriguésia**, v.67, n. 5, p. 1277-1280, 2016.
- 77.MARQUES-DE-SOUZA, J. Paleobotânica: o que os fósseis vegetais revelam?. **Ciência e Cultura**, v. 67, n. 4, p. 27-29, 2015.
- 78.MAYR, E.; R.J. O'HARA. "The biogeographic evidence supporting the Pleistocene forest refuge hypothesis". **Evolution**, v.40, p. 55-67, 1986.
- 79.MENDES, J.C. **Paleontologia geral**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 1977.
- 80.MENESES, M.E.N.S. et al. Registro palinológico de depósitos sedimentares do Rio Madeira na região de abrangência do AHE Jirau, Rondônia, norte do Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46, 2012, Rondônia. **Boletim...** Rondônia, SBG, CD-ROM, 2012a.
- 81.MENESES, M.E.N.S. et al. Registro palinológico de depósitos sedimentares neopleistocênicos do Rio Madeira, Rondônia, Amazônia Brasileira. **Revista do Instituto Geológico**, v. 33, n. 2, p. 41-48, 2012b.
- 82.MENESES, M.E.N.S. et al. Fossil and modern pollen from Madeira River basin in the area of influence of the AHE Jirau, Rondonia State, Brazil. *In*: ANNUAL MEETING OF ASSOCIATION OF TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION, 49, 2012, Bonito. MS, p. 325, 2012c.
- 83.NASCIMENTO, E.R. **Os Xenartra pilosa (Megatheridae), Notoungulata (Toxodontidae) e Proboscidae (Gomphoteriidae) da Formação Rio Madeira, Pleistoceno Superior, Estado de Rondônia, Brasil**. Porto Alegre, 113p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- 84.PRAKASH, U.; VAIDYANATHAN, L.; TRIPATHI, P.P. Plant remains from the Tipam sandstones of northeast India with remarks on the palaeoecology of the region during the Miocene. **Palaeontographica Abteilung B**, v. 231, p. 113–146, 1994.
- 85.PRANCE, G.T. Chrysobalanaceae. **Flora neotropica**, v. 9, p. 1- 409, 1972.

86. PRANCE, G.T. Chrysobalanaceae. **Flora Neotropica**, v. 9, p. 1-267, 1989.
87. PRANCE, G.T. Chrysobalanaceae. **Rodriguésia**, v. 58, p. 493-531, 2007.
88. PRANCE, G.T.; SOTHERS C.A. Chrysobalanaceae 1, *Chrysobalanus* to *Parinari*. Species plantarum: Flora of the world, Australian Biological Resources Study, Canberra, Australia, vol. 9, p. 1-319, 2003.
89. PRANCE, G.T.; WHITE, F. The Genera of Chrysobalanaceae: A study in practical and theoretical taxonomy and its relevance to evolutionary biology. **Transactions of the Royal Society of London**, v. 320, p. 1-184, 1988.
90. PRASAD, M. Morphotaxonomical study on angiospermous plant remains from the foot hills of Kathgodam, north India. **Phytomorphology**, v. 44, n. 12, p. 115-126, 1994.
91. PRASAD, M.; GHOSH, R.; TRIPATHI, P.P. Floristics and climate during Siwalik (Middle Miocene) near Kathgodam in the Himalayan foot-hills of Uttranchal, India. **J Paleontol Soc India**, v. 49, p. 35-93, 2004.
92. PÉREZ, J.L.M.; CASTILLO-CAMPOS, G. Flora Vera Cruz. **Instituto Nacional de Investigaciones sobre recursos bióticos Xalapa, Veracruz, México. Fascículo 166**, v. 24, p. 1-17, 2015.
93. PONS, D.; DE FRANCESCHI, D. Neogene woods from western Peruvian Amazon and palaeoenvironmental interpretation. **Bulletin of Geosciences**, v. 82, n. 4, p. 343-354, 2007.
94. QUADROS, M.L.E.S. et al. Depósitos fluviais da Formação Rio Madeira, pleistoceno superior da Bacia do Abunã, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9, 2006, Belém. **Trabalhos Apresentados**. Belém: SBG-Núcleo Norte, 2006. 1 CD-ROM.
95. RADAMBRASIL, Projeto. Levantamento de Recursos Naturais, Folha SC. 20-Porto Velho, Vol. 16. **DNPM/Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro**, 1978.
96. RIBEIRO, J.E.L.S. et al. Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. **Rodriguésia**, Manaus, INPA, p. 816, 1999.
97. RIZZOTTO, G.J. Projeto Rio Madeira. Levantamento de informações para subsidiar o estudo de viabilidade do aproveitamento hidrelétrico (AHE) do Rio Madeira. AHE Jirau: relatório final / Coordenado por Gilmar José Rizzotto e José Guilherme Ferreira de Oliveira, organizado por Marcos Luiz E. S. Quadros, João Marcelo R. de Castro, Antônio Cordeiro, Amílcar Adamy, Homero Reis de Melo Junior e Marcelo Eduardo Dantas. - Porto Velho: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2005.

- 98.RIZZOTTO, G.J. et al. Paleoambiente e o registro fossilífero pleistocênico dos sedimentos da Formação Rio Madeira. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA 27 AMAZÔNIA, n. 9, 2006, Belém. **Trabalhos Apresentados**. Belém: SBG-Núcleo Norte, 1 CD-ROM, 2006.
- 99.RODRIGUES, L.C.S.; SENNA, C.S.F. Palinologia Holocênica do testemunho Bom Jesus, margem leste da Ilha do Marajó, Pará, Amazônia. *Acta amaz*, v. 41, n. 1, p. 9-20, 2011.
- 100.SANTOS, J.O.S. et al. Duas orogêneses principais no sudoeste do Craton Amazônico: evidências através de datações U-Pb em zircão (SHRIMP). In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DA AMAZONIA, 6, 1999, Manaus. Boletim de Resumos Expandidos. Manaus: SBG-Núcleo norte, p. 506-509, 1999.
- 101.SCHOPF, J.W. Model of Fossil Preservation. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 20, p. 27-53, 1975.
- 102.SILVA, K.S., ROSA, J.H.; LUZ, R.A. Carta de sensibilidade arqueológica: breve introdução aos estudos de padrões de assentamento de populações pré-colombianas na UHE Jirau – Rondônia, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 2, p. 264-278, 2010.
- 103.SILVEIRA, R.R. **Bioestratigrafia e paleoecologia de depósitos neógenos e pleistocenos aflorantes na porção central e ocidental da Bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil**. 2015. 264 f. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.
- 104.SILVEIRA, R.R.; SOUZA, P.A. Palinologia (grãos de pólen de angiospermas) das formações Solimões e Içá (bacia do Solimões), nas regiões de Coari e Alto Solimões, Amazonas. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 18, n. 3, p. 455-474, 2015.
- 105.SIOLI, H. **Amazônia**: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. Petrópolis: Ed. Vozes Ltda, p.69, 1985.
- 106.SCOOT, A.; COLLINSON, M. Investigating fossil plant beds. Part 1: the origin of fossil plants and their sediments. **Geology Teaching**, v. 7, n. 4, p. 114-122, 1983.
- 107.SPICER, Robert A.; THOMAS, Barry A. Systematic and taxonomic approaches in palaeobotany. **Oxford University Press**, 1986.
- 108.SOARES, E.A.A. et al. First record of Annonaceae wood for the Neogene of South America, Amazon Basin, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 47, n. 1, p. 95-108, 2017.
- 109.SOTHERS, C.A.; PRANCE, G.T. Chrysobalanaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

110. STEVENS, P.F. A revision of the Old World species of *Calophyllum* (Guttiferae). **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 61, p. 117–699, 1980.
111. STEVENS, P.F. A review of *Calophyllum* L. (Guttiferae) in Papuasias. **Australian Journal of Botany**, v. 22, p. 349–411, 1974.
112. STUIVER, M.; REIMER, P.J. Extended 14C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. **Radiocarbon**, v. 35, p. 215–230, 1993.
113. STEVENS, P.F. Angiosperm phylogeny website. Version 9, [and more or less continuously updated since]. Available at: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>, 2001.
114. STEVENS, P.F. Clusiaceae-Guttiferae. In: Kubitzki K (ed) The families and genera of vascular plants, Vol. IX, Flowering plants. Springer, Berlin, p. 48–66, 2006.
115. SUCERQUIA, R.P.A. **Gimnospermas Eocretáceas da Formação Crato, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil**. 2007. Dissertação (Mestrado em Paleontologia e Bioestratigrafia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
116. TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L.; KRINGS, M. **The Biology and Evolution of Fossil Plants**. 2ª ed. New Jersey: Prentice Hall, 2009.
117. TOBLER, A. Unsere paläontologische Kenntnis von Sumatra. **Eclogae Geologicae Helvetica**, v. 18, p. 313–342, 1923.
118. VAN DER HAMMEN, T. **Paleoecology of Amazonia**: Diversidade biológica e cultural da Amazônia, Belém-PA, Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 19–44, 2001.
119. VAN DER HAMMEN, T.; HOOGHIEMSTRA, H. Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. **Quaternary Science Reviews**, v. 19, n. 8, p. 725–742, 2000.
120. VIDOTTO, E. et al. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 3, p. 385–400, 2007.
121. WEBB, L.J. A physiognomic classification of Australian rain forests. **The Journal of Ecology**, p. 551–570, 1959.
122. WOLFE, J.A. A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages. **US Government Printing Office**, v. 71, p. 5, 1993.

123. WURDACK, K.J.; DAVIS C.C. Malpighiales phylogenetics: gaining ground on one of the most recalcitrant clades in the angiosperm tree of life. **American Journal of Botany**, v. 96, p. 1551–1570, 2009.
124. YAKANDAWALA, D.; MORTON, C.M.; PRANCE G.T. Phylogenetic relationships of the Chrysobalanaceae inferred from chloroplast, nuclear, and morphological data. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. v. 97, p. 259–281, 2010.