



# SIGEP

Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil

SIGEP 104

## Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional *O mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul*

Dimas Dias-Brito<sup>\*1</sup>  
Rosemarie Rohn<sup>\*\*2</sup>  
Joel Carneiro de Castro<sup>\*3</sup>  
Ricardo Ribeiro Dias<sup>\*\*4</sup>  
Ronny Rössler<sup>\*\*\*5</sup>

\*UNESP, Rio Claro (SP).

\*\*UFTO, Palmas (TO)

\*\*\*Museum für Naturkunde, Chemnitz (Alemanha).

1 dimasdb@rc.unesp.br.

2 rohn@rc.unesp.br.

3 jcastro@rc.unesp.br.

4 ricdias@mandic.com.br.

5 roessler@naturkunde-chemnitz.de.

© Dias-Brito,D.; Rohn,R.; Castro,J.C.; Dias,R.R.; Rössler,R. 2007. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – O mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. *In*: Winge,M.; Schobbenhaus,C.; Berbert-Born,M.; Queiroz,E.T.; Campos,D.A.; Souza,C.R.G.; Fernandes,A.C.S. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet em 23/01/2007 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio104/sitio104.pdf> [atualmente <http://sigep.cprm.gov.br/sitio104/sitio104.pdf>]

[Ver versão final do **CAPÍTULO IMPRESSO** em: Winge,M. (Ed.) *et al.* 2009. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: CPRM, 2009. v. 2. 515 p. il. color.]

# Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional

## *O mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul*

SIGEP 104

Dimas Dias-Brito<sup>\*1</sup>

Rosemarie Rohn<sup>\*2</sup>

Joel Carneiro de Castro<sup>\*3</sup>

Ricardo Ribeiro Dias<sup>\*\*4</sup>

Ronny Rössler<sup>\*\*\*5</sup>

Fragmentos da *Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional* (FPTS) ocorrem na UC *Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins* (MNAFTO) e arredores (Filadélfia, NNE Estado de Tocantins, SW Bacia do Parnaíba). Dois patamares no relevo dão grande beleza cênica à região: o inferior (Permiano), topo da Formação Pedra de Fogo ou base da Formação Motuca, e o superior (Triássico), topo da Formação Sambaíba. A floresta fossilizada associa-se a depósitos aluviais da base da Formação Motuca, que estão sobrepostos a sedimentos marinhos proximais da Formação Pedra de Fogo. Os vegetais, permineralizados por sílica - rolados ou encontrados em quartzo-arenitos e pelitos - são abundantes e tridimensionalmente bem preservados. Caules muito longos, ultrapassando 10m e com diâmetros basais de até 1,20 m, são comuns. Destacam-se caules das seguintes samambaias arborescentes: *Tietea*, *Psaronius* (Psaroniales, os elementos dominantes e maiores), *Grammatopteris* (Filicales) e *Dernbachia* (?Filicales). Também há pinas e pecíolos, relacionados aos caules, samambaias epífitas (*Botryopteris*), esfenófitas arborescentes (e.g., *Arthropitys*) e caules de diferentes gimnospermas. A preservação dos vegetais é excepcional para a investigação de aspectos tafonômicos, morfológicos, anatômicos e ontogenéticos dos indivíduos, permitindo estudar a paleoecologia e evolução desta paleoflora. A FPTS, que ocupou terras baixas, sob clima quente e úmido variável sazonalmente, contém elementos-chave para a compreensão das relações evolutivas e horizontais das províncias florísticas neopaleozóicas de ambos hemisférios e para o desenvolvimento de novos conceitos sobre a botânica daquele tempo. O MNAFTO constitui patrimônio geobiológico ímpar no mundo, além de apresentar predados arqueológicos (e.g., impressões rupestres), ambientais e potencial ecoturístico.

**Palavras-chave:** paleobotânica, samambaias-fósseis arborescentes, floresta petrificada, Formação Motuca, Permiano, Estado do Tocantins.

### **The Northern Tocantins Petrified Forest, State of Tocantins - *The most luxuriant and important Permian tropical-subtropical floristic record in the Southern Hemisphere***

Patches of the **Northern Tocantins Petrified Forest** (NTPF) occur in the **Tocantins Fossil Trees Natural Monument** (TFTNM) and in its surroundings (Filadélfia, NNE Tocantins, SW Parnaíba Basin). The scenic beauty of this region results from a contrast between two landscape plans: the lower one (Permian) - expressing the top of the Pedra de Fogo Formation or the basal Motuca Formation - , and the upper one (Triassic), formed by the top of the eolian Sambaíba Formation. The fossil plants are associated with alluvial deposits in the base of the Motuca Formation that overlies the restricted marine Pedra de Fogo Formation. The plant material, three-dimensionally preserved as siliceous cellular permineralization, is abundant over the soil surface or embedded in quartz arenites, sometimes in pelitic sediments. The stems commonly reach several meters in length, sometimes more than 10m, with a basal diameter up to 1.20 m. There are distinct tree ferns: ***Tietea***, ***Psaronius*** (Psaroniales, the dominant and longer stems), ***Grammatopteris*** (Filicales) and ***Dembachia*** (?Filicales). Leaves and petioles related to

the stems, *Botryopteris* (climbing or epiphytic fern), arboreal sphenopsids (e.g., ***Arthropitys***), and different gymnosperm trunks also occur. The exceptional plant preservation allows taphonomic, morphologic, anatomic and ontogenetic studies, in addition to palaeoecologic discussions. The NTPF is interpreted as a tree-fern-dominated wetland Permian flora under warm-humid conditions seasonally variable. It contains key-elements to the comprehension of evolutive relationships among Late Palaeozoic floristic provinces. The TFTNM is an extraordinary geobiological heritage, unique in the world, also presenting archaeological (e.g., petroglyphs), environmental significance, and geo/ecotouristical attractiveness.

**Key-words:** palaeobotany, fossil tree-ferns, petrified forest, Motuca Formation, Permian, State of Tocantins.

### **INTRODUÇÃO**

Florestas petrificadas são áreas que apresentam grande quantidade de caules fósseis. Estes são encontrados em posição de crescimento, de deposição ou simplesmente espalhados pelo chão, geralmente sem ramos ou outros órgãos vegetais conectados. O processo de preservação envolveu o soterramento por sedimentos siliciclásticos e/ou material vulcânico,

seguido de impregnação dos tecidos por soluções ou gel silicoso (permineralização). Mais tarde, com a exposição dos depósitos fossilíferos ao intemperismo e à erosão, os caules foram parcialmente exumados, mantendo sua posição original ou tornando-se totalmente expostos, fragmentados e distribuídos caoticamente.

Dezenas de florestas petrificadas têm sido registradas em todos os continentes e ao longo de todo o Fanerozóio, a partir do Devoniano. No sul do Brasil - RS, em São Pedro do Sul e Mata, ao sul da Bacia do Paraná, são conhecidos troncos fósseis de coníferas (Minello, 1994) de idade neotriássica (Guerra-Sommer *et al.*, 1999; Guerra-Sommer & Scherer, 2002; Pires *et al.*, 2005).

Por sua beleza e significado científico, muitas florestas fossilizadas têm sido convertidas em áreas de proteção ou unidades de conservação. Monumentos estaduais e nacionais, além de parques nacionais, vêm sendo criados em diversos países, sobretudo nos Estados Unidos e na Europa, o que reflete o nível de importância que as diferentes sociedades dão a estas ocorrências. A *Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional* (FPTS) - listada entre as 31 mais belas florestas fossilizadas da Terra (Dernbach, 1996) - é um desses tesouros da natureza, constituindo-se no mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no hemisfério sul. Os mais notáveis fragmentos desta floresta deram origem à UC *Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins* - MNAFTO. Distantes do Monumento, outras manchas da FPTS ocorrem em Goiatins, Colinas do Tocantins e, talvez, na região de Carolina, Maranhão (Fig. 1).

O objetivo central deste trabalho é ressaltar a grande relevância científica do MNAFTO para a geohistória do Permiano tropical-subtropical no hemisfério sul, de modo a integrá-lo entre os mais importantes sítios geobiológicos do Brasil a serem preservados como Patrimônio Natural da Humanidade. Para tal, apresenta uma síntese atualizada dos conhecimentos sobre a FPTS, a partir de investigações geológicas e paleobotânicas de diferentes autores (*e.g.*, Faria Jr., 1979; Coimbra & Mussa, 1984; Pinto & Sad, 1986; Herbst, 1999; Martins, 2000; Dernbach *et al.*, 2002; Robrahn-González *et al.*, 2002; Rössler & Noll, 2002; Rössler & Galtier, 2002a,b; 2003; Dias-Brito & Castro, 2005; Rössler, 2006). Adicionalmente, oferece alguns novos elementos para a discussão da estratigrafia da região.

A FPTS tem sido relativamente pouco estudada, sobretudo pela comunidade acadêmica nacional brasileira. Pouca coisa mudou após Mussa & Coimbra (1987, p. 902) terem asseverado: "... no Brasil (...) desde os primórdios dos estudos paleobotânicos, os pesquisadores, em sua maioria, têm se preocupado muito mais com as investigações sobre as taofloras gondwânicas...". Mais à frente, p. 906: "...as

seqüências paleozóicas (...) como a do Parnaíba, ainda permanecem inexploradas do ponto de vista paleobotânico". Convênio e acordo de cooperação, recentemente firmados entre a UNESP - Rio Claro, entidades governamentais do Tocantins e o Museu de Chemnitz, Alemanha, passaram a sustentar ações em prol da investigação científica do material da FPTS em instituições brasileiras, visando, inclusive, a criação de um Museu de História Natural em Palmas-TO.

Esta comunicação também registra que o MNAFTO é portador de um mosaico de ecossistemas de alta relevância para a preservação, tendo, por outro lado, grande potencial para o ensino de geologia, paleontologia, biologia e ecologia. Exibe, ainda, forte vocação geo/ecoturística decorrente de sua grande beleza cênica. Alguns achados arqueológicos na área do Monumento vêm agregando mais valor científico e cultural à área.

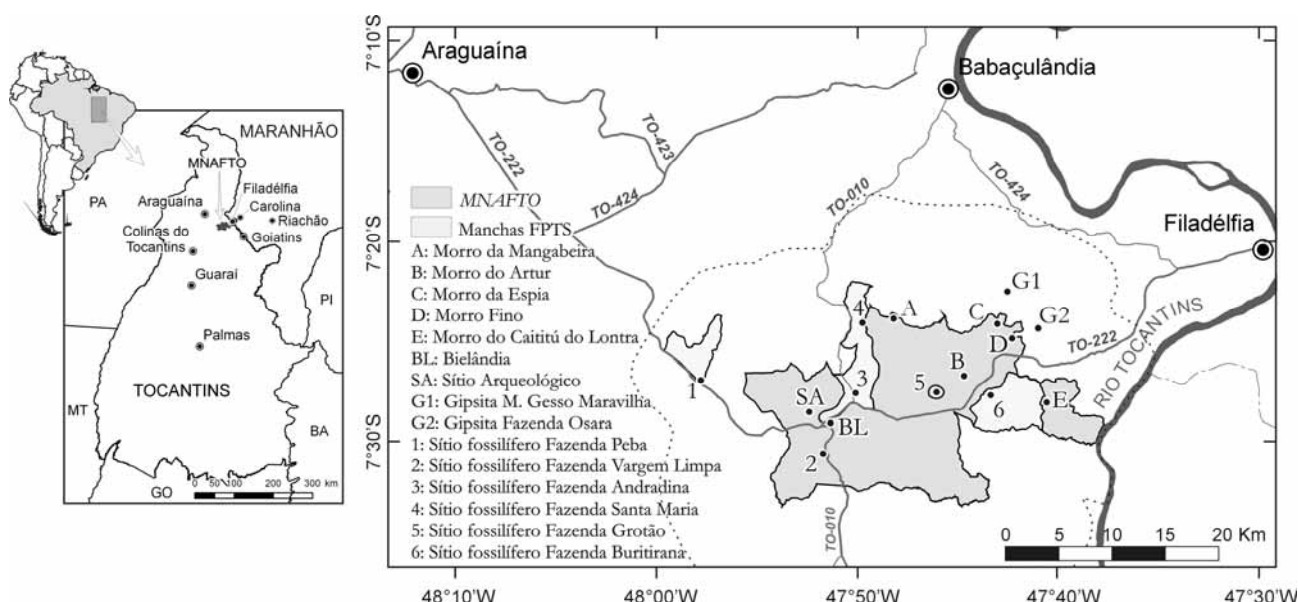
## LOCALIZAÇÃO

O MNAFTO, com seu entorno, situa-se na Amazônia Legal, no NNE do Estado de Tocantins, no município de Filadélfia, próximo à fronteira com o Estado do Maranhão. Posiciona-se entre as lat. 7°17'45" e 7°38'34"S e long. 47°35'17" e 48°01'05"W. No seu lado oeste está o distrito de Bielândia, antigamente conhecido como Zé Biel ou Venda do Zé Biela, muito citado como localidade fossilífera (Fig. 1). O acesso à área, a partir de Araguaína, é feito pela rodovia TO-222, que atravessa quase todo o Monumento no sentido W-E em direção a Filadélfia. A rodovia TO-010, que corta o MNAFTO no sentido N-S, e algumas estradas secundárias permitem completar o acesso às manchas da FPTS.

## DESCRIÇÃO DO SÍTIO

### Características atuais

O MNAFTO é um mosaico de áreas naturais entrecortadas por zonas com atividades de pecuária e de ocupação humana. Cobre uma área de aproximadamente 32 mil hectares, situando-se em região prioritária para a conservação da biodiversidade brasileira (MMA, 2002). A temperatura média anual da região é de 26,3°C, com máximas e mínimas de 28°C e 25,3°C, registradas, respectivamente, nos meses de setembro e junho. O índice pluviométrico totaliza 1800 mm/ano, as chuvas concentrando-se de outubro a abril (mais de 90% do total médio anual). De janeiro a março as precipitações atingem 50% do total médio anual. De junho a agosto ocorre o mínimo das precipitações e a umidade relativa do ar fica em torno de 50%. O quadro climático é bastante variável, havendo anos em que o índice pluviométrico não atinge 850 mm. A dinâmica dos ecossistemas é regida pela forte sazonalidade na disponibilidade hídrica.



**Figura 1** – Localização do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins (MNAFTO) e entorno.  
**Figure 1** – Location of the Tocantins Fossil Trees Natural Monument (TFTNM) and its surroundings.

Na paisagem distinguem-se dois patamares ou superfícies de aplainamentos, cujo contraste se traduz em grande beleza cênica. De acordo com Pinto & Sad (1986), o patamar inferior, entre 200 e 250m, é em parte preservado pela presença de leitos de sílex do topo da Formação Pedra de Fogo ou pela silicificação do arenito basal da Formação Motuca; já o superior, com cotas por volta de 500m, refere-se a topos de morros ou mesetas de bordas íngremes. Tais corpos, presentes no lado leste do MNAFTO, correspondem à Formação Sambaíba (Fig. 2) e se destacam em imagens de satélite CBERS.

A vegetação dominante é a de cerrado (rupestre, cerrado típico e cerrado). Também ocorrem florestas de galeria com elementos amazônicos, que às vezes dão lugar a buritizais, e pequenas manchas de florestas semidecíduas. Córregos perenes e temporários compõem a rede de drenagem com padrão dendrítico/subdendrítico. A área é um ecótono de grande importância biogeográfica.



**Figura 2** – Vista panorâmica, Fazenda Santa Maria.  
**Figure 2** – Panoramic view from Santa Maria Farm.

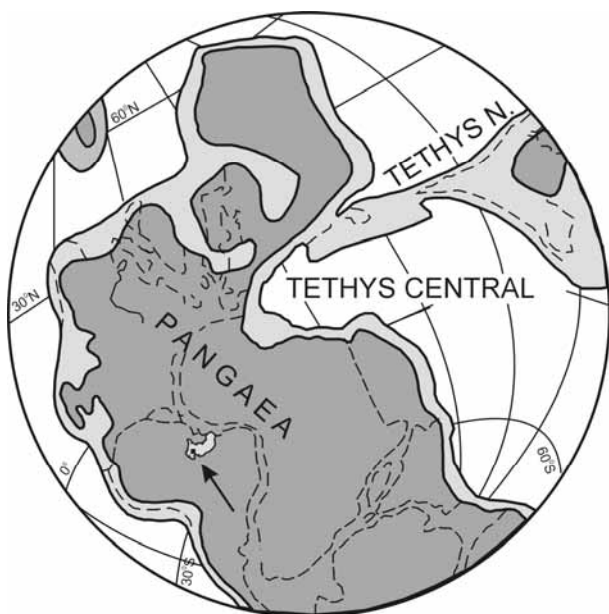
### Contexto geológico regional

O MNAFTO ocupa o sudoeste da Bacia do Parnaíba, tendo integrado o Pangea ocidental meridional (Fig. 3; seta indicando a posição do MNAFTO). Neste setor afloram estratos sedimentares horizontais compostos por rochas siliciclásticas, carbonáticas e evaporíticas, incluindo as formações Piauí (Neocarbonífero), Pedra de Fogo (Permiano), Motuca (Permiano) e Sambaíba (Triássico). Esta última formação - que apresenta propriedades litológicas significativamente distintas das unidades subjacentes - não é aqui entendida como fazendo parte do Grupo Balsas de Góes *et al.* (1989; 1992), mas refletindo um novo ciclo tectono-estratigráfico na bacia.

As unidades permianas são particularmente importantes para as discussões deste trabalho. A Formação Pedra de Fogo resultou de sedimentação em ambientes marinhos rasos restritos, costeiros e continentais, sob clima predominantemente quente, com variações na umidade ao longo da sua história; carbonatos e evaporitos acumularam-se quando a bacia apresentava balanço hídrico negativo (Lima & Leite, 1978; Faria & Truckenbrodt, 1980; Oliveira, 1982; Coimbra, 1983; Góes & Feijó, 1994; Araújo, 2001; Dino *et al.*, 2002). A Formação Motuca originou-se em domínio continental, sob variadas condições de sedimentação - fluvial, lacustre e eólica -, com invasões marinhas episódicas na parte intermediária da seção e deposição de gipsita (Lima & Leite, 1978; Araújo, 2001).

Existem divergências quanto ao exato posicionamento cronoestratigráfico das formações Pedra de Fogo e Motuca. A comum existência de horizontes sedimentares pobremente fossilíferos, ou mesmo afossilíferos, e a escassez de bons fósseis-guia

dificultam a datação destas rochas. Correlações estratigráficas regionais (sobretudo com a Bacia do Amazonas), ou de longa distância, têm sido aplicadas para auxiliar no posicionamento cronoestratigráfico destas unidades.



**Figura 3** – Bacia do Parnaíba no Pangea. Geografia mesopermiana (Guadalupiano) segundo Ross (1995).

**Figure 3** – Parnaíba Basin at the Pangea. Guadalupian geography according to Ross (1995).

Historicamente, autores diversos - por diferentes métodos de investigação - sugeriram que a Formação Pedra de Fogo estaria situada no intervalo Carbonífero-Permiano. Progressivamente, houve uma convergência para posicioná-la no Permiano. Entre os autores que a consideraram como Eopermiano estão Price (1948), Mesner & Wooldridge (1964), Barberena (1972), Cruz *et al.* (1972) *apud* Santos *et al.* (1984) e Góes *et al.* (1992). Lima & Leite (1978), Faria Jr. & Truckenbrodt (1980), Mussa & Coimbra (1987) e Góes & Feijó (1994) situaram-na no intervalo eomesopermiano, enquanto que Cox & Hutchinson (1991) posicionaram-na no Neopermiano. Dino *et al.* (2002) apresentaram importantes dados palinológicos referentes a folhelhos do Membro Trisidela e inferiram uma idade Neopermiano para a parte superior da Formação Pedra de Fogo. Todavia, pela discussão apresentada por aqueles autores, depreende-se que a idade poderia estar entre o Kunguriano (Eopermiano tardio, de acordo com Menning *et al.*, 2006) e o Neopermiano. Ademais, visto que o Membro Trisidela contém uma associação polínica fortemente similar à da Formação Flowerpot de Oklahoma – como informam Dino *et al.* (*op. cit.*) – nós sugerimos uma idade kunguriana para a parte superior da Formação Pedra de Fogo, já que a formação estadunidense é posicionada neste andar por Lucas (2004). Adicionalmente, é importante frisar que os referidos folhelhos estão aproximadamente a

30 m abaixo dos sedimentos portadoras de caules fósseis (classicamente referidos como *Psaronius*), correspondendo à parte alta da porção inferior do Membro Trisidela. Ambas as deduções advieram da análise das figuras 4 e 2 apresentadas em Pinto & Sad (1986, p. 355) e Dino *et al.* (*op. cit.*, p. 26), respectivamente.

A Formação Motuca tem sido atribuídas diferentes idades, do Mesopermiano ao Triássico (*e.g.*, Mesopermiano: Petri & Fulfaro, 1983; Neopermiano: Mesner & Wooldridge, 1964; Góes & Feijó, 1994; Neopermiano-Triássico: Lima & Leite, 1978).

### Contexto geológico local

No mapa de Lima & Leite (1978), o MNAFTO é essencialmente apresentado como área de afloramento da Formação Pedra de Fogo; a Formação Sambaíba e depósitos quaternários aparecem como manchas. Também no mapa de Coimbra (1983), o MNAFTO aparece como área de afloramento da Formação Pedra de Fogo. Contudo, no mapeamento geológico de superfície de Pinto & Sad (1986) - na escala 1:50.000, especificamente focando a região e associado a uma análise de dados de subsuperfície - a área do Monumento aparece como domínio de afloramento da Formação Motuca; contém, ainda, todas as demais unidades do Grupo Balsas, a Formação Sambaíba e aluviões quaternários. Estes dois últimos autores interpretaram os arenitos finos avermelhados ou creme, não carbonáticos e portadores de caules fósseis, como sendo pertencentes à base da Formação Motuca. O enquadramento do MNAFTO e seu entorno no mapa gerado por Pinto & Sad (*op. cit.*) está apresentado na Fig. 4.

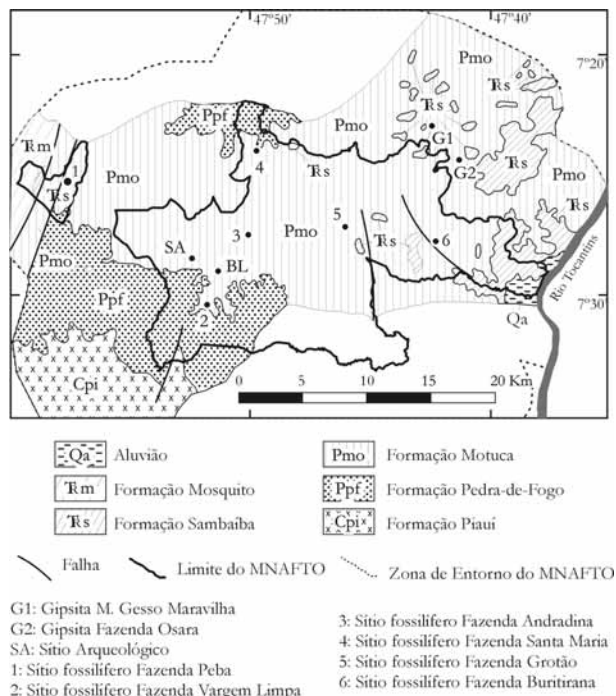
Dentro desta nova concepção, a Formação Motuca passou a incorporar os caules fósseis classicamente relacionados à Formação Pedra de Fogo. Pinto & Sad (*op.cit.*, p. 350) justificaram:

Optou-se por colocar tais rochas na base da Formação Motuca com base principalmente em aspectos sedimentológicos. O topo da Formação Pedra de Fogo mostra rochas carbonáticas, em deposições aparentemente cíclicas (arenitos, siltitos e folhelhos calcíferos alternados com leitos de marga e sílex), com estratificação plano-paralela em escala de afloramento, ao passo que os arenitos mencionados acima [arenitos finos não calcíferos avermelhados ou creme] mostram estratificação cruzada de porte médio, não são carbonáticos, estão silicificados na base e **portam restos de madeiras petrificadas**. [grifo nosso].

Pinto & Sad ainda informaram, p.351:

**Em lugar algum encontrou-se *Psaronius* em rochas carbonáticas**. [grifo nosso]. Barbosa & Gomes (1957, pag. 24) escrevem: 'Finalmente, deve ser esclarecido que **um dos autores (F.A. Gomes) durante cerca de seis anos de trabalhos estratigráficos no Maranhão, somente encontrou *Psaronius in situ* em folhelhos**

do topo da coluna paleozóica, acima do *datum bed*’. [grifo nosso]. O referido *datum bed* destes autores é ‘um banco de cerca de 2 metros de altura e com características concreções globóides, designadas popularmente [sic] por bolachas e com diâmetros da ordem de 2-4cm’. Estas concreções são de sílex e situam-se na porção superior do Membro Superior [da Formação Pedra de Fogo].



**Figura 4** – Mapa geológico do MNAFTO e entorno (de acordo com Pinto & Sad, 1986).

**Figure 4** – Geological map of the TFTNM and surroundings (according to Pinto & Sad, 1986).

Anteriormente, Faria Jr. (1979, p. 18), descrevendo ocorrências de plantas fósseis na localidade de São Bento, a 2 km oeste do Morro Pelado, Serra do Ciriaco, noroeste de Bielândia, já escrevia: “...**encontram-se *Psaronius* in situ nos arenitos finos róseos e avermelhados, com estratificação cruzada, que formam paredões da Formação Motuca.**” [grifo nosso]. Tais arenitos - designados “Arenito Cacunda” por Sá *et al.* (1979), *apud* Pinto & Sad (1986), por ocorrerem próximos ao Córrego Cacundo, a noroeste de Bielândia - estão assentados, segundo Pinto & Sad (*op. cit.*, p. 350), “... diretamente sobre siltito creme do topo do Membro Superior da Formação Pedra de Fogo, o mesmo acontecendo em outros locais [na Serra do Ciriaco] como nos Morros do Mutum e do Mutunzinho, sendo marcante, em todos, a presença de *Psaronius*.”

Faria Jr. & Truckenbrodt (1980, p. 743), tratando da estratigrafia e petrografia da Fm. Pedra de Fogo, também discutiram a questão da relação das plantas fósseis com as unidades litoestratigráficas e escreveram:

As madeiras fósseis, incluindo os *Psaronius*, são encontradas associadas aos siltitos e arenitos finos, avermelhados com manchas brancas, que pertencem às partes mais superiores da Formação Pedra de Fogo [incorporadas à base da Fm. Motuca por Pinto & Sad, *op.cit.*]. Ressalte-se que o deslocamento dos *Psaronius* para níveis mais baixos (...) provocou muitas confusões nos trabalhos de mapeamento. (...) **sugere-se que as madeiras silicificadas possam ocorrer, também na base da Formação Motuca** [grifo nosso].

Andreis (in Robrahn-González *et al.*, 2002), que estudou a geologia do MNAFTO e elaborou sete perfis estratigráficos para seções aflorantes em diferentes pontos do oeste e leste do Monumento, enunciou (p.12):

Ao confrontar as descrições dos perfis elaborados (...) com as definições estabelecidas para a Formação Pedra-de-Fogo e suas sub-unidades (membros Sílex Basal, Médio e Trisidela, conforme Faria Jr. & Truckenbrodt, 1980), verifica-se que não há uma correspondência satisfatória entre ambos. Por outro lado, **o inverso é verdadeiro quando se estabelece uma comparação com a unidade superior, denominada Formação Motuca**. [grifo nosso].

Dias-Brito & Castro (2005) investigaram seções da Formação Pedra de Fogo e da Formação Motuca na área do MNAFTO. Ao concordarem com os critérios de Pinto & Sad (1986), também vincularam os sedimentos portadores de plantas fósseis à base da Formação Motuca.

O perfil referente ao intervalo superior da Formação Pedra de Fogo (Fig. 5) permitiu reconhecer, em ordem ascendente, seis associações faciológicas. As três inferiores são predominantemente siliciclásticas (arenitos e arenitos/dolomitos; pelito com níveis carbonáticos e silicosos; pelito siltítico-argiloso), enquanto que as três superiores são mistas, com maior frequência de calcário e sílex (marga, dolomito, pelito e sílex; arenito calcífero e calcário; calcilutito e sílex). Assume-se uma origem marinha restrita (ausência de “sinais” de mar aberto) para o pacote sedimentar, aumentando a aridez para o topo. Em outros perfis levantados na área, verifica-se o mesmo padrão para a Formação Pedra de Fogo, ou seja, um domínio de associações faciológicas mistas (*e.g.*, W Bielândia, lado esquerdo da TO-222, 7°29'21"S - 47°52'32"W: margas dolomíticas, com intraclastos e nódulos silicosos, oncóides silicificados?, e raros ostracodes; calcarenitos com intraclastos silicificados; Rio Pirarucu, 7°28'58"S - 47°39'51"W: lamito esverdeado, siltito ondulado intercalado com sílex e dolomita sucedida por calcário com greta de contração no topo).

Perfis estratigráficos que retratam a base da Formação Motuca em algumas fazendas da região são apresentados na Figura 6. Tais levantamentos revelaram que a Formação Motuca é dominada por sistemas continentais (fluvial, deltaico e lacustre), em contraposição à natureza de mar-restrito da Formação



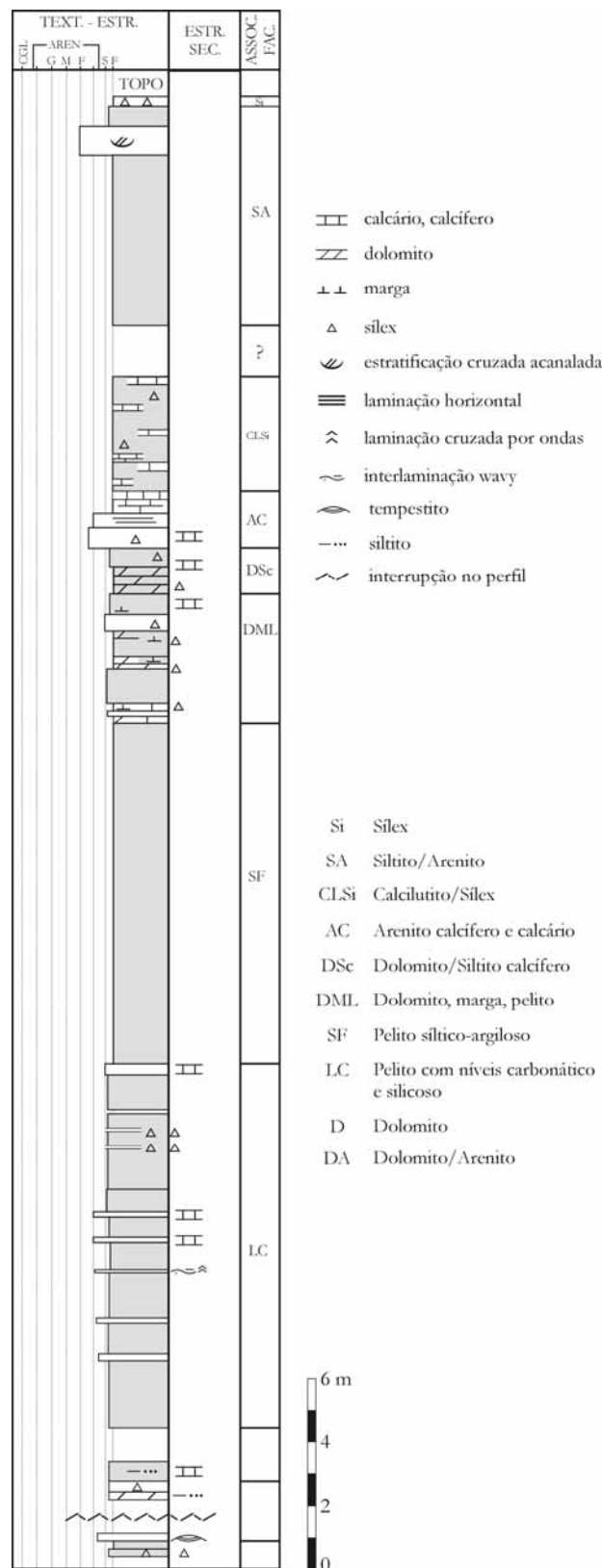
Pedra de Fogo. Arenitos com estratificação cruzada na Fazenda Andradina, provavelmente representantes de fácies de canais fluviais, indicam paleocorrentes para NE (raramente SE). Há algumas dezenas de metros distantes destes arenitos, e no mesmo intervalo vertical, ocorrem fácies de paleossolos e provavelmente de inundação, onde ocorrem grandes caules *in loco*.

Na região nordeste do MNAFTO, em seu entorno, localizam-se algumas ocorrências de gipsita que se apresentam na forma bandada e com hábito nodular e com hábito nodular em matriz argilosa vermelha. Provavelmente estão associadas à seção intermediária da Formação Motuca, como sugerem Lima & Leite (1978). Considerando seu significado paleoclimático, devem ser objeto de investigação estratigráfica mais aprofundada.

### A FLORESTA PETRIFICADA DO TOCANTINS NO MNAFTO

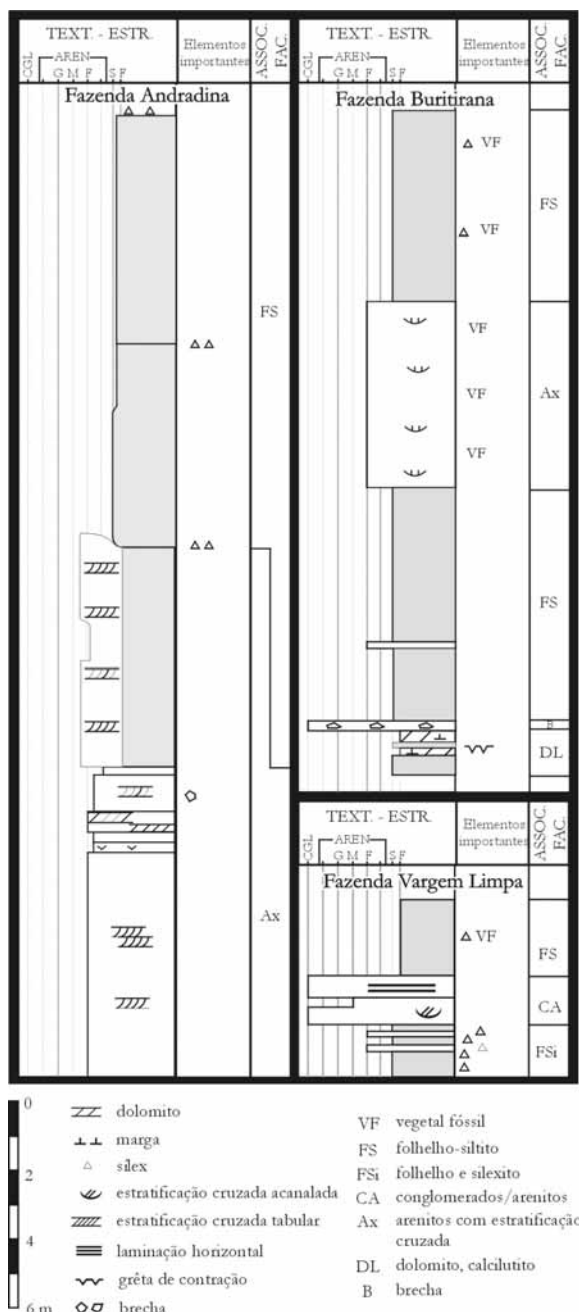
Manchas da FPTs, amplamente dominadas por samambaias arborescentes, afloram no MNAFTO e entorno, como já indicado na Figura 1. As localidades fossilíferas mais exuberantes estão nas fazendas Pebá, Andradina e Buritirana. As das fazendas Grotão, Santa Maria e Vargem Limpa também oferecem elementos importantes. As situadas na metade leste têm melhor estado de preservação. Todas, entretanto, apresentam grande valor e devem ser exploradas em estudos futuros. As figuras 7, 8 e 9 oferecem uma síntese de aspectos e elementos do Monumento e entorno, destacando-se os vegetais fósseis, aforamentos, impressões rupestres e panorâmicas geomorfológicas.

Impressionam a quantidade e o porte dos caules encontrados, os quais são permineralizados por sílica e tridimensionalmente bem preservados. Muitos deles atingem mais de dez metros, tendo diâmetros basais que alcançam até 1,20 m. Quando em situação de deposição, eles estão vinculados à base da Formação Motuca, associados a quartzo-arenitos e a folhelhos e siltitos. Algumas vezes grandes caules com ramos são encontrados em posição para-autóctone em siltitos, como figurado por Rössler (2006, p. 43, Fig. 3d). Pelo seu peso e resistência à erosão, os grandes caules, freqüentemente fragmentados, são encontrados espalhados pelo chão, mas mantendo sua orientação de fossilização (predominantemente NE na Fazenda Andradina e ESE na Fazenda Buritirana). Fragmentos menores comumente aparecem concentrados e misturados a peças de sílex da Formação Pedra de Fogo (*e.g.*, em superfícies da passagem Pedra de Fogo - Motuca, encostas, ravinas e riachos). Quando estão associados a pelitos, os caules apresentam-se comprimidos, o que não é o caso daqueles que ocorrem associados aos arenitos.



**Figura 5** - Perfil referente ao intervalo superior da Formação Pedra de Fogo em colina situada ao lado direito da rodovia TO-222 (sentido Bielândia), 7°26'44"S-47°58'08"W, exceto a parte mais inferior (Rio Gameleira, 7°30'58"S-47°57'34"W).

**Figure 5** – Stratigraphic section referring to the upper part of the Pedra de Fogo Formation from hill situated in the right side of the TO-222 road (towards Bielândia), 7°26'44"S-47°58'08"W, except the lowermost part (Gameleira River, 7°30'58"S-47°57'34"W).



**Figura 6** – Perfis estratigráficos referentes às fazendas Andradina (7°27'19"S-47°50'21"W), Buritirana (7°27'36"S-47°43'26"W) e Vargem Limpa (7°30'30"S-47°51'33"W).

**Figure 6** – Stratigraphic sections from Andradina(07°27'19"S-47°50'21"W), Buritirana(7°27'36"S-47°43'26"W) and Vargem Limpa(7°30'30"S-47°51'33"W) farms.

Levando-se em conta os estudos de Herbst (1999), Rössler & Galtier (2002a; 2002b; 2003) e Rössler (2006), a FPTs está representada por uma paleoflora relativamente bem diversificada em que dominam as samambaias arborescentes psaroniales, tais como *Tietea singularis*, *T. derby*, *Psaronius brasiliensis* e *P. sinuosus* (*Tietea* é o gênero mais abundante). De acordo com Rössler (*op. cit.*), a paleoflora inclui também a samambaia filicales arbórea *Grammatopteris freitasii*, a samambaia filicales epífita *Botryopteris nollii* e a pequena samambaia arborescente filicales (?) *Dernbachia brasiliensis*, além de outros elementos

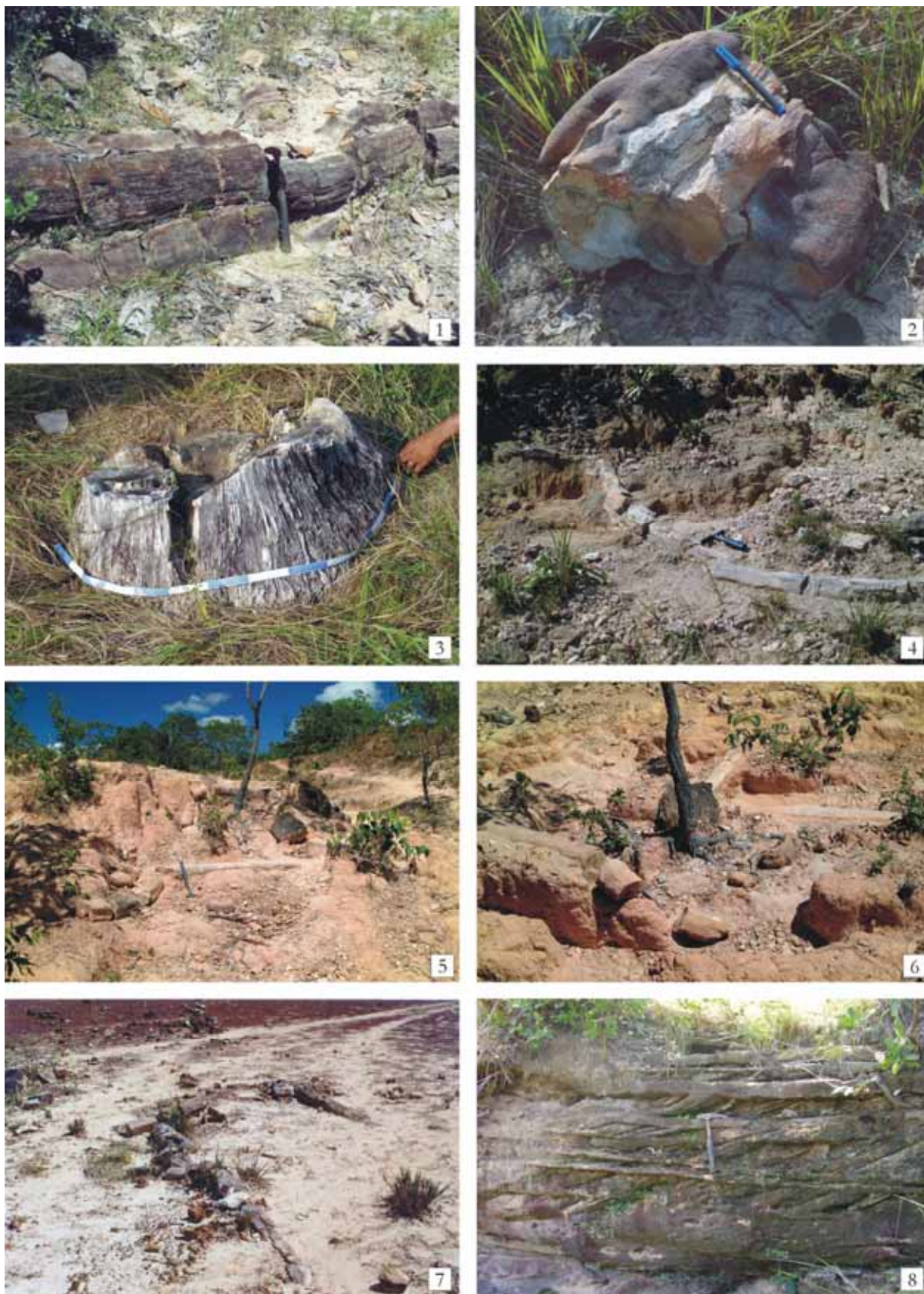
florisíticos higrófilos a mesófilos (*e.g.*, diferentes espécies de esfenófitas arborescentes do tipo *Arthropitys*, eixos permineralizados dos esfenófitas herbáceas ou vários troncos pertencentes a coníferas, *Dadoxylon* e cordaitales).

É importante registrar que Coimbra & Mussa (1984) e Mussa & Coimbra (1987) escreveram a respeito de caules procedentes do "Arenito Cacunda", da Formação Motuca. Noticiaram a presença de diversas calamitáceas, a partir das quais são introduzidos os táxons *Arthropitys cacundensis* Mussa (Calamitaceae), *Amyelon biehoi* Mussa (Cordaitaceae) e o gênero *Carolinapitys* Mussa com a espécie *C. maranhensis* Mussa (gimnosperma com afinidades a formas gondvânicas e de cordaitales euro-americanos, com plano anatômico medular próximo de *Scleromedulloxylon* da Bacia d'Autun). Registram, também, a presença de medulas do tipo *Artisia*.

A partir do Maranhão - rodovia Carolina-Riachão, altura do trevo para Araguaína - plantas fósseis associadas a folhelhos descritos como subjacentes ao "Arenito Cacunda" também foram descritas por Mussa & Coimbra (1987). Eles introduziram os seguintes novos táxons: o gênero *Cyclomedulloxylon* com a espécie *C. parnaibense* Mussa, forma solenóide típica do Permiano (particularmente do Eo- e Mesopermiano); a espécie *Cycadoxylon brasiliense* (Pteridospermales, Cycadoxyleae); e o gênero *Araguainorachis* com a espécie *A. simplissima*. Esta última refere-se a um fragmento que, segundo os autores, tem configuração de certa forma próxima a da encontrada em bases foliares de Botryopteridáceas e Coenopteridáceas e que também lembra pecíolos atribuídos às Psaroniáceas. Concluíram por referir-se ao novo táxon como ráquis ou fragmento peciolar de planta pteridofítica ou pteridospérmica. Os citados autores afirmaram (p. 906): **"Portanto, à medida que novas descrições vêm sendo apresentadas vê-se que a verdadeira afinidade nórdica, para a associação florística Pedra-de-Fogo, cada vez mais se acentua."** [grifo nosso]. Fica evidente a necessidade de se conhecer, em detalhe, as relações estratigráficas entre essa ocorrência fossilífera maranhense e aquelas do MNAFTO, Goiatins e Colinas do Tocantins. Provavelmente correspondem a manchas de um mesmo paleobioma. Com vistas às discussões paleoclimáticas, é também muito importante a investigação da relação estratigráfica entre a ocorrência fossilífera maranhense e aquela referente aos níveis de folhelhos portadores de palinomorfs estudados por Dino *et al.* (2002).

As plantas fósseis da FPTs foram preservadas tridimensionalmente por processo de permineralização celular por sílica. A infiltração e impregnação de sílica nas células e nos espaços intercelulares formaram uma matriz inorgânica que sustentou os tecidos das plantas, preservando-os. O rápido soterramento e a subsequente silicificação impediram a decomposição

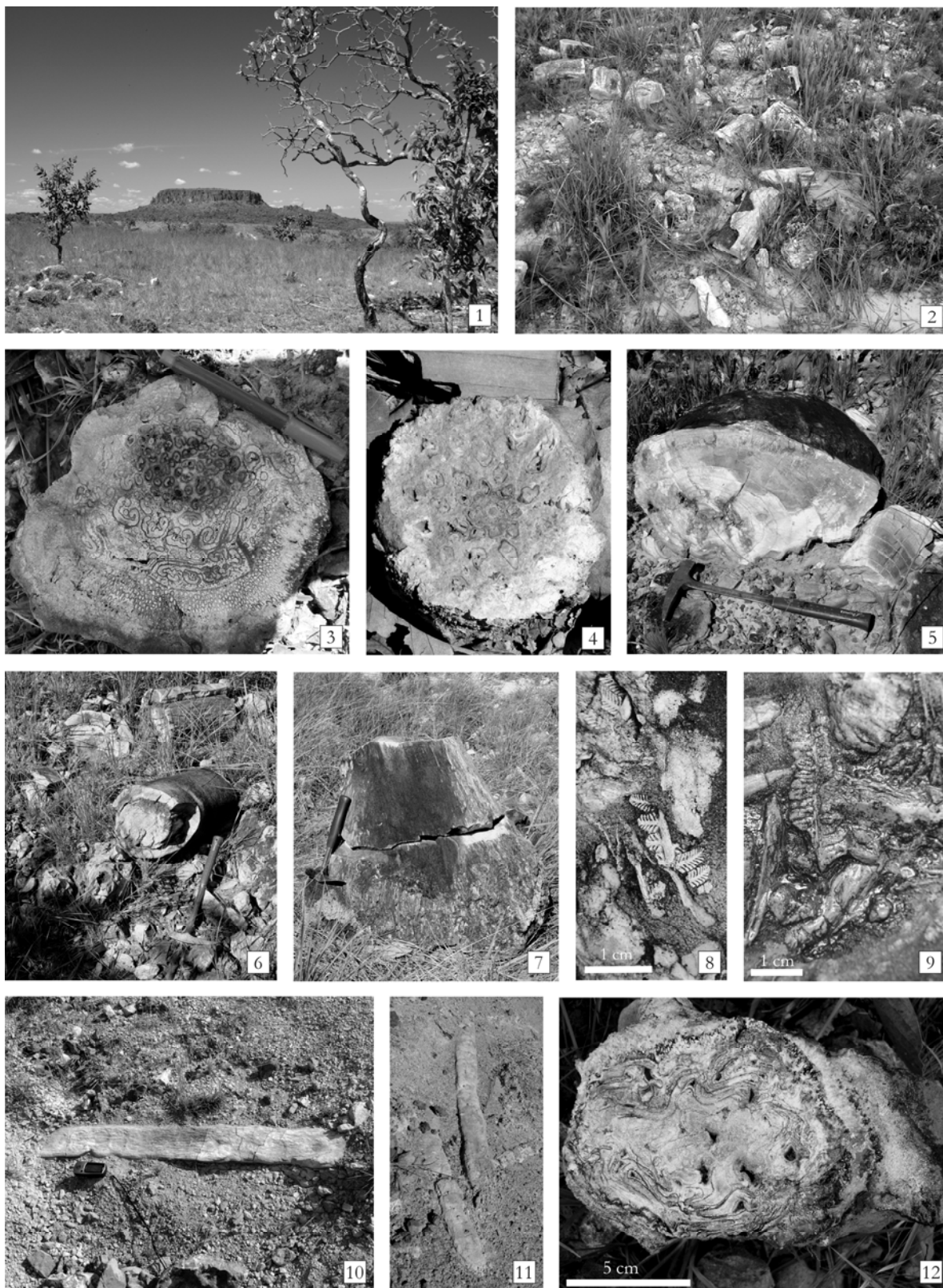




**Figura 7** – Afloramentos e caules petrificados. Formação Motuca. MNAFTO e entorno. 1. *Tietea singularis*; 2. *Tietea singularis*; 3. porção basal de *Tietea singularis*; 4. *Tietea* deformada; 5. *Tietea singularis*; 6. *Tietea singularis*; 7. *Tietea singularis*; 8. arenito com estratificação cruzada de canal fluvial. 1-3: Fazenda Peba; 4-6, 8: Fazenda Andradina; 7: Fazenda Buritirana.

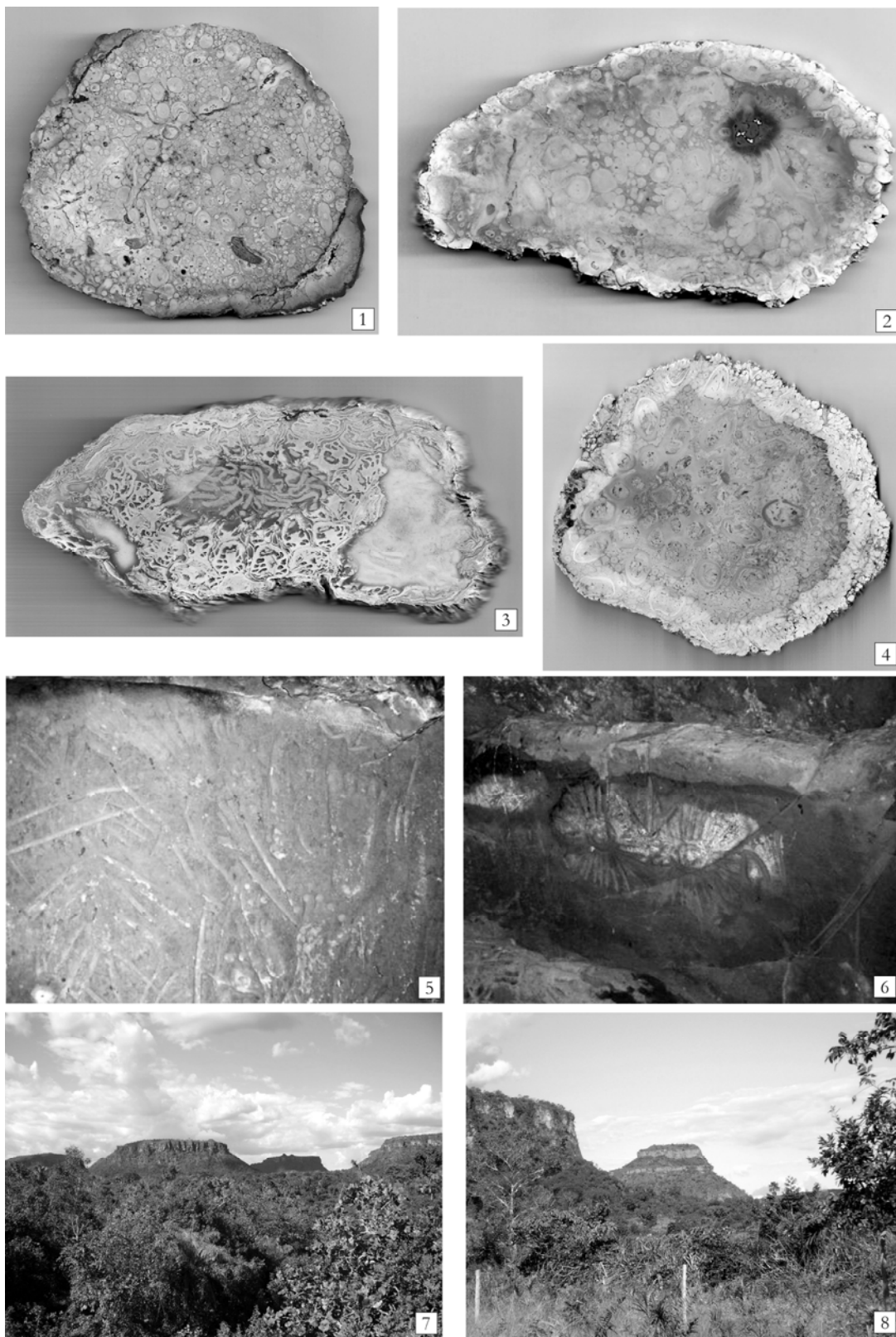
**Figure 7** – Outcrops and petrified stems. Motuca Formation. TFTNM and its surroundings. 1. *Tietea singularis*; 2. *Tietea singularis*; 3. basal portion of *Tietea singularis*; 4. *Tietea* deformed; 5. *Tietea singularis*; 6. *Tietea singularis*; 7. *Tietea singularis*; 8. sandstone presenting fluvial channel cross stratification. 1-3: Fazenda Peba; 4-6, 8: Fazenda Andradina; 7: Fazenda Buritirana.





**Figura 8** – Afloramentos e caules petrificados. Formação Mutuca. MNAFTO. 1. Fazenda Buritirana: em primeiro plano a Formação Mutuca e, ao fundo, morro com arenitos eólicos da Formação Sambaíba; 2 e 3. *Tietea singularis*. 4. *Grammatopteris freitasii*; 5. *Dadoxylon* sp.; 6. *Tietea singularis*; 7. Porção basal de *Tietea singularis*; 8. *Pecopteris* sp. (pina estéril de samambaia); 9. Pina fértil de samambaia; 10. Porção distal de *Tietea singularis* em lamito; 11. *Tietea singularis* em lamito; 12. *Psaronius* sp. 2 a 10, 12: Fazenda Buritirana; 11: Fazenda Vargem Limpa.

**Figure 8** – Outcrops and petrified stems. Mutuca Formation. TFTNM. 1. Fazenda Buritirana: Mutuca formation at first plane and, at background, eolic sandstones in hills of the Sambaibaformation; 2 and 3. *Tietea singularis*. 4. *Grammatopteris freitasii*; 5. *Dadoxylon* sp.; 6. *Tietea singularis*; 7. Basal portion of *Tietea singularis*; 8. *Pecopteris* sp. (sterile pine of samambaia); 9. Fertile pine of samambaia; 10. Distal portion of *Tietea singularis* in mudstone; 11. *Tietea singularis* in mudstone; 12. *Psaronius* sp. 2 a 10, 12: Fazenda Buritirana; 11: Fazenda Vargem Limpa.



**Figura 9** – Plantas fósseis, inscrições rupestres e mesetas da Formação Sambaíba. MNAFTO e entorno. 1. Seção transversal de falso caule com membros caulinares de *Botryopteris nollii* e numerosos membros foliares de distintas ordens e raízes adventícias. Espécime MfNC K 5150 (Rössler & Galtier, 2003, pl. VII, fig. 1); 2. Seção transversal de falso caule com dois membros caulinares de *Botryopteris nollii* e vários membros foliares e raízes. Parátipo 2, MfNC K 4880 b (Rössler & Galtier, 2003, pl. VI, fig. 1); 3. Seção transversal de *Dernbachia brasiliensis*. Parátipo 1, MfNC K 5002 (Rössler & Galtier, 2002b, pl. IV, fig. 1); 4. Seção transversal de *Grammatopteris freitasii*. Parátipo 4, espécime MfNC K 4893 (Rössler & Galtier, 2002a, pl. VI, fig. 1); 5 e 6. Impressões rupestres em caverna de arenito, com representações geométricas, fitomórficas e antropomórficas. Provavelmente Formação Sambaíba; altitude 296m; UTM 826525x9173008. Fazenda das Águas Formosas. Sítio cadastrado no IPHAN, como Filadélfia I, pelo Núcleo Tocantinense de Arqueologia – UNITINS; 7 e 8. Mesetas da Formação Sambaíba.

**Figure 9** – Fossil plants, rupestrian draws and “mesetas” of the Sambaíba Formation. TFTNM and its surroundings. 1. Transverse section of false trunk showing five cauline members of *Botryopteris nollii* and numerous foliar members of different order and adventitious roots. Specimen MfNC K 5150 (Rössler & Galtier, 2003, pl. VII, fig. 1); 2. Transverse section of false trunk showing two cauline members of *Botryopteris nollii* and many foliar members and roots. Paratype 2, MfNC K 4880 b (Rössler & Galtier, 2003, pl. VI, fig. 1); 3. Transverse section of *Dembachia brasiliensis*, showing the actinostelic stem surrounded by a mantle of broadly D-shaped petiole bases and adventitious roots. Taphonomic compaction resulted in a crushed trunk portion. Paratype 1, MfNC K 5002 (Rössler & Galtier, 2002b, pl. IV, fig. 1); 4. Transverse section of *Grammatopteris freitasii* from the middle to upper part of the plant showing the central large stem and the concentric zonation of its cortex as well as the root traces departing from proximal abaxial leaf traces. Paratype 4, MfNC K 4893 (Rössler & Galtier, 2002a, pl. VI, fig. 1); 5 and 6. Petroglyphs in sandstone cave (Sambaíba Formation?) from Águas Formosas farm. Lat. 07°28'18"S e Long. 48°02'31"W. Altitude: 296m. IPHAN site Filadelfia I (as recorded by Núcleo Tocantinense de Arqueologia - UNITINS); 7 and 8. “Mesetas” of the Sambaíba Formation.

das plantas. Em função da quantidade de constituintes férricos, de cor vermelha a púrpura, e da inteireza da silificação, os fósseis geralmente mostram claros detalhes dos tecidos. Todavia o agente de permineralização ainda permanece obscuro, embora possa estar ligado à formação de nódulos de silcrete pedogênicos que são quantitativamente importantes em alguns níveis (Rössler, 2006). Nódulos de sílica produzidos em silcretes sugerem clima quente e úmido em áreas de desenvolvimento de solos muito maduros (Milnes & Thirty, 1992) ou indicam evaporação de água de solução de sílica durante fases quentes áridas (Walther, 1993).

Faria Jr. & Truckenbrodt (1980), ao discutirem a silificação que atinge a Formação Pedra de Fogo, indicam na página 746:

As placas que constituem as brechas intraformacionais, ‘guias’ da sequência superior da Formação, podem ter sido formadas a partir de processos inorgânicos de precipitação da sílica amorfa ou através da transformação dos silicatos hidratados de sódio. Em ambos os casos é necessário um ambiente restrito com intensa evaporação e pH elevado (...). As gretas de contração e os fragmentos de ‘flat pebbles’ associadas às brechas intraformacionais apóiam esta origem. Nódulos e concreções originaram-se segundo processos diagenéticos, durante os quais os carbonatos foram substituídos. Não é impossível que trabalhos futuros liguem a origem de sílex com uma atividade vulcânica, ainda desconhecida, durante o Permiano.

Segundo sugere Martins (2000), a permineralização por sílica das plantas teria ocorrido a temperaturas relativamente baixas, abaixo de 200°C. Ainda de acordo com este último autor, a sílica é praticamente pura (valores variando de 77,27 a 99,73% de SiO<sub>2</sub>), sendo as impurezas compostas por Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O e TiO<sub>2</sub>. Cortes transversais e longitudinais às estruturas dos vegetais revelam, ao microscópio ótico, a presença de quartzo cristalino granular, prismático e microcristalino, com destaque para a variedade calcedônia, tanto fibroradial como em franjas (Martins, *op. cit.*).

### Importância e significado do MNAFTO e FPTS

Poucas florestas paleozóicas petrificadas são conhecidas. Comparativamente ao Carbonífero, há

um considerável decréscimo no número de sítios florísticos permianos em todo o mundo. Existem, assim, poucas localidades dignas de serem categorizadas como florestas petrificadas permianas. Tal é o caso do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins, MNAFTO.

Em razão da excepcional preservação das plantas fósseis e de sua natureza como depósito autóctone a parautóctone, a Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional possibilita investigações em várias dimensões: anatomia (plantas quase completas), taxonomia, tafonomia, biocronoestratigrafia, paleoecologia, paleofitogeografia, estratigrafia, paleoclimatologia e sedimentologia. Resultados destes estudos interessam diretamente aos estudos geológicos e paleobotânicos, em escalas local, regional e global.

Por sua posição paleolatitudinal, entre lat. 23 e 28° S de acordo com as construções paleogeográficas correntes, a FPTS constitui-se na mais importante floresta petrificada permiana tropical-subtropical do hemisfério sul. É um elo de transição entre as províncias paleoflorísticas euroamericana e gondvânica austral (Flora *Glossopteris*). Tal posição estratégica tem levado geocientistas à reflexão sobre o significado dos elementos da FPTS e a comparações com outras florestas neopaleozóicas. Como já registrado, Coimbra & Mussa (1984) e Mussa & Coimbra (1987) – a partir de seus achados (*Arthropitys*, *Amyelon*, medulas do tipo *Artisia* e formas psaroniáceas) – anteviram relações entre a FPTS e a província tafoflorística euroamericana. Em estágio mais avançado, Rössler (2006) comparou a famosa floresta petrificada eopermiana de Chemnitz, no sudeste da Alemanha, com a FPTS, e chegou às seguintes conclusões principais:

1. ambas as regiões representaram terras úmidas, sob clima quente úmido com variações sazonais, dominadas por samambaias arborescentes. [Coimbra & Mussa, 1984, também indicaram como habitat das plantas do MNAFTO terras úmidas, em vista da presença das Calamitaceae e Cordaitaceae];
2. entre as florestas permianas, estas duas são as que apresentam os caules mais completos de todo o mundo;
3. em razão de haver algumas similaridades entre as duas florestas, teria havido no Eopermiano uma

larga conexão fitogeográfica entre as duas áreas. Condições climáticas similares na Europa central e no Tocantins setentrional – afastados do Equador a distâncias comparáveis – deram ensejo a cinturões megafaciológicos similares.

O trabalho de Rössler (*op.cit.*) levantou e resumiu os seguintes aspectos que enfatizam o alto significado paleobotânico e paleofitogeográfico da FPTS:

- a presença de *Grammatopteris* em Tocantins, até então apenas conhecido em Autun, França, e em Chemnitz, Alemanha, permitiu conhecer este táxon em muito maior detalhe; isto pode ajudar no entendimento da evolução inicial das Osmundaceae, a mais velha família de samambaias viventes;
- *Botryopteris*, um táxon que foi muito abundante nas florestas de terras úmidas equatoriais neo-carboníferas, é a primeira samambaia botryopterídea (*B. nollii*) descrita a partir do hemisfério sul, representando um dos maiores e mais jovens botryopterídeos conhecidos até hoje;
- alguns caules grandes, quase completos, de esfenófitas arborescentes (Calamitales, incluindo *Arthropitys*), que tiveram alto sucesso e floresceram em diferentes ambientes tropicais de terras úmidas, foram encontrados. Mostram diferentes tipos de ramificação e alta variação de padrões de ramificação, muito além do que se pensava anteriormente. Todas as características usadas para a sistemática de calamitales necessitam reavaliação com respeito ao seu significado taxonômico;
- um considerável número de interações planta-planta foram constatadas (*e.g.*, raízes de samambaias crescidas dentro de uma gimnosperma trepadeira que, por sua vez cresceu próxima a um estelo de *Psaronius*; raízes de *Psaronius* crescidas dentro da medula de um gimnosperma; raízes de gimnospermas crescidas entre raízes aéreas adventíceas de *Grammatopteris* ou na periferia de caules *Tietea singularis*; eixos de *Sphenophyllum* crescidos dentro de perfurações de um calamitales ou dentro do manto de raízes marginais de *Grammatopteris*);
- os achados do Tocantins oferecem a oportunidade de uma caracterização bastante precisa dos táxons fósseis, permitindo estabelecer ou apoiar conceitos sobre plantas completas de uma forma jamais julgada possível a partir de outras localidades;
- variações edáficas nos ambientes de terras úmidas teriam controlado a distribuição de elementos florísticos sub-dominantes, tais como esfenófitas arborescentes e diferentes formas de crescimento de gimnospermas.
- no tocante às gimnospermas, os achados do Tocantins revelam aparências algo exóticas ou lançam novas luzes sobre a evolução das características morfológicas e anatômicas destas plantas.

## Discussões

A partir dos dados apresentados, constata-se que do ponto de vista geocientífico o MNAFTO e arredores apresentam elementos-chave para a compreensão da evolução da Bacia do Parnaíba. É possível retomar as discussões sobre as idades das formações Pedra de Fogo e Motuca e deixar em aberto algumas questões e comentários:

- a. considerando que a parte mais alta da parte inferior do Membro Trisidela (parte superior da Formação Pedra de Fogo) corresponde ao neokunguriano (Eopermiano tardio), nós indicamos uma idade não mais nova do que Eopermiano para a Formação Pedra de Fogo. Além disso, sugerimos que a parte inferior da Formação Motuca, que é portadora das plantas fósseis silicificadas, seja de idade neokunguriana a mesopermiana. As próprias características dos elementos da FPTS, como revelado por Mussa & Coimbra (1987) e Rössler (2006), indicam que tais sedimentos tenham sido depositados em alguma fase deste intervalo de tempo;
- b. as manchas de florestas petrificadas do norte de Tocantins – incluindo as do MNAFTO e seu entorno, de Goiatins e Colinas do Tocantins – seriam de mesma idade? São elas mais novas ou de mesma idade que aquela do Maranhão relatada por Mussa & Coimbra (1987)? Como esta última se relaciona estratigraficamente com os folhelhos portadores de palinomorfs estudados por Dino *et al.* (2002)?
- c. é essencial para o entendimento da evolução paleoclimática da região a compreensão da seqüência de eventos representados pelas ocorrências dos folhelhos com palinomorfs, das plantas fósseis da base do Motuca e dos depósitos de gipsita. Estes últimos seriam os mais jovens (Motuca médio), enquanto que os folhelhos ricos em polens e esporos os mais antigos. Há, todavia, necessidade de aprofundar as investigações.
- d. se o pacote formado pela parte mais alta da Formação Pedra de Fogo e a base da Formação Motuca (*sensu* Pinto & Sad, 1986) é tomado como um todo, as interpretações baseadas em palinomorfs e plantas fósseis entram em colisão. Enquanto os estudos palinológicos sugerem um clima quente árido a semi-árido, as análises paleobotânicas indicam condições quentes e úmidas. Este conflito é aparente e desaparecerá com o progresso da investigação estratigráfica. Provavelmente, em um contexto de clima quente, o referido intervalo temporal foi marcado por oscilação climática, em que um importante episódio úmido – na fase de deposição da base da Formação Motuca – interrompeu um período de semi-aridez que vinha predominando em tempos Pedra de Fogo. Um outro cenário, por vezes observado (*e.g.*,

Schneider *et al.*, 1984) e que cabe aqui considerar, é a presença de áreas densamente vegetadas e localmente mais úmidas em um domínio regionalmente semi-árido. Neste caso, teriam coexistido, lateralmente, faixas úmidas e semi-áridas.

- e. teria existido uma grande barreira fitogeográfica entre as regiões das bacias do Parnaíba e do Paraná? Por que apenas *Tietea* e *Psaronius* aparentemente são os únicos gêneros em comum nestas duas bacias? Há semelhanças também em nível de espécie das Psaroniales? Qual a relação temporal/cronoestratigráfica entre esses vegetais nas duas bacias?

## MEDIDAS DE PROTEÇÃO

O *Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins* – MNAFTO, que abriga a Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – FPTS, está legalmente protegido. Esta entidade é hoje uma unidade de conservação de proteção integral, criada pelo Estado do Tocantins por meio da Lei Estadual nº 1.179, de outubro de 2000 (D.O.E. 981). Uma vez que manchas da FPTS ocorrem no entorno do MNAFTO, está sob análise dos órgãos ambientais do meio ambiente (SEPLAN e NATURATINS) uma proposta de redefinição do perímetro do Monumento (Dias & Reis, 2005). Tal redefinição é importante para a proteção de outras localidades fossilíferas (*e.g.*, Fazenda Pebá) e a inclusão de áreas com grande beleza cênica e de grande importância para conservação ambiental.

No passado, a área do MNAFTO esteve sob forte exploração de seus fósseis, sobretudo na sua porção oeste, pela Mineração Pedra de Fogo Ltda ([www.pedradefogo.com.br](http://www.pedradefogo.com.br)). Tal empresa atuava e atua na venda de fósseis no país e para o exterior, atingindo os mercados estadunidense e europeu. Bielândia é internacionalmente conhecida por figurar na internet como origem de plantas fósseis à venda em *sites* internacionais. O Museu de Chemnitz, Alemanha, percebendo a importância científica do material da FPTS, adquiriu peças e vem estudando o material nos últimos anos. A partir daí várias novas entidades taxonômicas têm sido descritas, principalmente em trabalhos conduzidos por R. Rössler (vide referências), resultando em significativo avanço no conhecimento sobre a FPTS. As medidas de proteção estabelecidas para o MNAFTO e os acordos firmados entre a UNESP, o governo de Tocantins e o Museu de Chemnitz, ampliarão o conhecimento a respeito da FPTS. O material além de protegido deverá ser alvo de estudos sistemáticos, pois a proteção do patrimônio ganha maior relevância na medida em que o conhecimento sobre sua natureza é dilatado. Isto está em consonância com as diretrizes do plano de manejo do Monumento. Ações

como a criação de um Museu de Ciências da Natureza do Tocantins, para o abrigo e estudo de coleções científicas, e divulgação da importância do MNAFTO, seria excelente estratégia para a preservação do patrimônio desta e de outras unidades de conservação do Tocantins. Levando-se em conta que um Museu necessita de visibilidade, facilidade de acesso e *status* político, indica-se a cidade de Palmas como local adequado para a futura instituição. Uma base de pesquisa no MNAFTO deve ser estruturada para viabilizar projetos multi-temáticos e marcar presença na área.

No plano de manejo do MNAFTO (MRS/OIKOS, 2005) - que tem como objetivo geral a proteção e a conservação das diversidades paleontológica e biológica existentes no Monumento - constam entre as ações prioritárias: a obtenção de conhecimentos científicos básicos a respeito dos recursos naturais da Unidade; a desapropriação de áreas selecionadas; a integração da UC com o entorno; o estabelecimento de uma infra-estrutura física e humana adequada. **O mencionado plano reconhece que o problema central do MNAFTO ainda é a exploração ilegal das plantas fósseis e indica como fundamental ação para preservar o patrimônio a implementação de um efetivo programa de controle e fiscalização.** Como objetivos específicos, o plano destaca: a proteção dos sítios paleobotânicos, arqueológicos e das paisagens naturais com notável beleza cênica; a proteção de espécies botânicas, da mastofauna e da avifauna ameaçadas de extinção; a preservação e restauração da diversidade dos ecossistemas naturais, incluindo a criação de corredores ecológicos; o oferecimento de meios e incentivos para atividades de pesquisa científica; a promoção da educação ambiental e o turismo ecológico.

Por ser o MNAFTO um patrimônio de imenso valor científico e cultural, que extrapola os interesses nacionais, deve receber das autoridades e sociedade brasileira uma atenção especial. Trata-se de um patrimônio humano a ser preservado adequadamente.

## AGRADECIMENTOS

*Os autores são gratos ao Governo do Estado do Tocantins que, por meio da Secretaria do Planejamento (SEPLAN) e do Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), vem apoiando ações em prol da preservação e do conhecimento da Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional na área do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins. Agradecimentos também são devidos a Décio Luis Semensatto Junior pelo apoio na preparação de ilustrações para o manuscrito e a Jailton Soares dos Reis (OIKOS Pesquisa Aplicada Ltda.) que colaborou na etapa de campo.*



## REFERÊNCIAS

- Aguilar, G.A.; Nahass, S. 1969. Bacia do Maranhão – Geologia e possibilidades de petróleo. DIREX/RENOR, Petrobras, Rel. 371M, 55 p.
- Barberena, M.C. 1972. South American Late Paleozoic Tetrapods. Simp. Intern. Sist. Carb. e Prm. Am. Sul, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44(supl.): 67-75.
- Barbosa, O.; Gomes, F.A. 1957. Carvão Mineral na Bacia Tocantins-Araguaia. *Bol. DGM 174*, Rio de Janeiro.
- Coimbra, A.M. 1983. *Estudo sedimentológico e geoquímico do Permo-Triássico da Bacia do Maranhão*. São Paulo. USP. Inst. Geoc. 2v. (Tese).
- Coimbra, A.M.; Mussa, D. 1984. Associação lignitaoflorística na Formação Pedra-de-Fogo, (Arenito Cacunda), Bacia do Maranhão – Piauí, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro. *Anais...*, SBG. p. 591-605.
- Cox, C.B.; Hutchinson, P. 1991. Fishes and amphibians from the Late Permian Pedra de Fogo Formation of northern Brazil. *Palaeontology*, 34: 561-573.
- Dernbach, U. (ed.) 1996. *Petrified Forests: the world's 31 most beautiful petrified forests*. D'oroVerlag, Heppenheim. 188p.
- Dernbach, U.; Noll, R.; Rössler, R. 2002. Neues von Araguaína, Brasilien. In: Dernbach, U. & Tidwell, W.D. (eds.) *Geheimnisse versteinerter Pflanzen, Faszination aus Jahrmillionen*. Heppenheim, D'Oro Verlag, p. 78-87.
- Dias, R.R.; Reis, J.S. 2005. *Mapa do zoneamento no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins: proposta de redefinição de perímetro*. Palmas, Oikos Pesquisa Aplicada Ltda. 1 mapa. Escala 1:100.000.
- Dias-Brito, D.; Castro, J.C. 2005. *Caracterização geológica e paleontológica do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins*. Relatório Interno (não publicado). Rio Claro, UNESP, 33p.
- Dino, R.; Antonioli, L.; Braz, S.M.N. 2002. Palynological data from the Trisidela Member of Upper Pedra de Fogo Formation ("Upper Permian") of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 3: 24-35.
- Faria Jr., L.E.C. 1979. *Estudo sedimentológico da Formação Pedra de Fogo – Permiano – Bacia do Maranhão*. UFPA. Belém, 57 p. (Dissertação).
- Faria Jr., L.E.; Truckenbrodt, W. 1980. Estratigrafia e Petrografia da Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Maranhão. *An. XXXI Cong. Bras. Geol.*, v. 2, p. 740-754.
- Góes, A.M.O.; Souza, J.M.P.; Teixeira, L.B. 1989. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba. *Bol. Geociências Petrobras*, 4(1).
- Góes, A.M.O.; Travassos, W.A.; Nunes, K.C. 1992. *Projeto Parnaíba – Reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias*. Belém, Petrobras, Rel. Interno.
- Góes, A.M.O.; Feijó, F. 1994. Bacia do Parnaíba. *Bol. Geoc. Petrobrás*. Rio de Janeiro. 8 (1):57-67.
- Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Iannuzzi, R. 1999. The Triassic taphoflora of the Paraná Basin, southern Brazil: a biostratigraphical approach. *Journal of African Earth Sciences*, 29(1): 243-255.
- Guerra-Sommer, M. & Scherer, C.M.S. 2002. Sítios Paleobotânicos do Arenito Mata (Mata e São Pedro do Sul), RS. *Uma das mais importantes "florestas petrificadas" do planeta*. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, p. 3-10, SIGEP-DNPM-CPRM, Brasília.
- Herbst, R. 1999. Studies on Psaroniaceae. IV. Two species of *Psaronius* from Araguaína, State of Tocantins, Brazil. *FACENA*. v. 15. p. 9-18.
- Lima, E.A. M. & Leite, J. F. 1978. *Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba – Integração Geológica-Metalogenética*. Recife, Convênio DNPM - CPRM. v. I, p. 124-132. Relatório Técnico.
- Lucas, S.G. 2004. A global hiatus in the Middle Permian tetrapod fossil record. *Stratigraphy*, 1: 47-64.
- Martins, R. A. 2000. *Fósseis de vegetais da Formação Pedra de Fogo: aspectos taxonômicos, mineralogia e composição química*. UFPA. Centro de Geociências. Belém. 92p. (Dissertação).
- Menning, M., Alekseev, A. S., Chuvashov, B. I., Davydov, V. I., Devuyt, F. X., Forke, H. C., Grunt, T. A., Hance, L., Heckel, P. H., Izokh, N. G., Jin, Y.G., Jones, P.J., Kotlyar, G.V., Kozur, H. W., Nemyrovska, T.I., Schneider, J. W., Wang, X. D., Weddige, K., Weyer, D., Work, D. M. 2006. Global time scale and regional stratigraphic reference scales of Central and West Europe, East Europe, Tethys, South China, and North América as used in the Devonian-Carboniferous-Permian Correlation Chart 2003 (DCP 2003). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 240: 318-372.
- Mesner, J.C. & Wooldridge, L.C.P. 1964. Estratigrafia das bacias paleozóicas e cretáceas do Maranhão. *B. Tecn. Petrobrás*. Rio de Janeiro. 7 (2): 137-164.
- Milnes, A. R. & Thirty, M. 1992. Silcretes. In: Martini, I.P. & Chesworth, W. (eds.) *Weathering, Soils and Paleosoils*. Elsevier, Amsterdam, p. 349-377.
- Minello, L.F. 1994. As "florestas petrificadas" da região de São Pedro do Sul e Mata, RS. III - Análise morfológica megascópica, afinidades e considerações paleoambientais. *Acta Geologica Leopoldensia*, 39(1):75-91.

- MMA. 2002. *Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira*. Brasília, MMA.
- MRS/OIKOS 2005. Plano de manejo do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins. Brasília: MRS, 2005. *Planos de manejo e de uso público no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins e diagnóstico biofísico e sócio-econômico*. (Encarte 4).
- Mussa, D. & Coimbra, A. M. 1987. Novas perspectivas de comparação entre as tafofloras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná. *An. X Cong. Bras. Paleontologia*, p. 901-923.
- Oliveira, M. A. 1961. *Reconhecimento geológico do flanco oeste da Bacia do Maranhão*. RENOR/DIREX, Petrobras, Belém, Rel. 171, 77 p.
- Oliveira, C. M. de. 1982. *O padrão de distribuição dos elementos traços na Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Maranhão e seu emprego como indicador de ambientes de sedimentação*. Belém. UFPA. Centro de Geociências. 94 p. (Dissertação).
- Petri, S.; Fulfaro, J.V. 1983. *Geologia do Brasil*. São Paulo, Edusp, 558p.
- Pinto, C.P.; Sad, J.H.G. 1986. Revisão da Estratigrafia da Formação Pedra de Fogo, borda sudoeste da Bacia do Parnaíba. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia. *Anais...*, SBG. V. 1, p. 346-358.
- Pires, E.F.; Guerra-Sommer, M.; Scherer, C.M.S. 2005. Late Triassic climate in southernmost Parana Basin (Brazil): evidence from dendrochronological data. *Journal of South American Earth Sciences*, 18(2): 213-221.
- Plummer, F.B. et al. 1948. Estados do Maranhão e Piauí (Geologia). In: *Brasil. CNP. Relatório 1946*. Rio de Janeiro. p. 87-134.
- Price, L.I. 1948. *Um anfíbio labitintodonte da Formação Pedra-de-Fogo, Estado do Maranhão*. Rio de Janeiro, DGM, DNPM (Boletim 124).
- Robrahn-González, E.M.; Iannuzzi, R.; Vieira, C.E.L.; Andreis, R.R. 2002. *Estudos geológicos e paleontológicos da Unidade de Conservação "Monumento Natural das árvores fossilizadas", no município de Filadélfia-TO*. Relatório final. Magna Engenharia Ltda. Porto Alegre-RS.
- Ross, J.R.P. 1995. Permian Bryozoa. In: Scholle, P.; Peryt, T. M.; Ulmer-Scholle, D. S. (eds.): *The Permian of Northern Pangea*. Springer Verlag. New York. p. 196-209.
- Rössler, R. 2000. The late Palaeozoic tree fern *Psaronius* – an ecosystem unto itself. *Review of Paleobotany and Palynology* 108: 55-74.
- Rössler, R.; Noll, R. 2002. Der permische versteinerte Wald von Araguaina/Brasilien - Geologie, Taphonomie und Fossilführung. *Veröffentlichungendes Museums für Naturkunde Chemnitz*, 25:5-44.
- Rössler, R.; Galtier, J. 2002a. First *Grammatopteris* tree ferns from the Southern Hemisphere – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 121: 205-230.
- Rössler, R.; Galtier, J. 2002b. *Dernbachia brasiliensis* gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of Brazil. *Review of Paleobotany and Palynology*, 122: 239-263.
- Rössler, R.; Galtier, J. 2003. The first evidence of the fern *Botryopteris* from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth form diversity. *Review of Paleobotany and Palynology*, 127: 99-124.
- Rössler, R. 2006. Two remarkable Permian petrified forests: correlation, comparison and significance. In: Lucas, S. G., Cassinis, G. & Schneider, J. W. (eds.). *Non-marine permian biostratigraphy and biochronology*. Geological Society, London, Special Publications, 265: p. 39-63.
- Santos, E.J.; Coutinho, M.G.N.; Costa, M.P.A.; Ramalho, R. 1984. A região de dobramentos nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o cráton de São Luis e as bacias marginais. In: *Geologia do Brasil*. MME-DNPM. Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Derze, G.R.; Asmus, H.E. (Coords.). pp. 131-189. 501p.
- Schneider, J.; Siegesmund, S.; Gebhardt, U. 1984. Paläontologie und Genese limnischer Schill- und Algenkarbonate in der Randfazies der kohleführenden Wettiner Schichten (Oberkarbon, Stefan C) des NE-Saaletroges. *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften*, 9: 35-51; Gotha, Leipzig.
- Schobbenhaus, C.; Campos, D.A. 1984. A evolução da plataforma sul-americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: Schobbenhaus, C. et al. (coords.). *Geologia do Brasil, texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, esc. 1:2.500.000*. Brasília. DNPM. P.9-49.
- Walther, H.B. 1993. *Silcretes in Germany and Australia*. Freiburg, Alemanha. (Tese)

\* UNESP, Rio Claro (SP).

\*\* UFTO, Palmas (TO)

\*\*\* Museum für Naturkunde, Chemnitz (Alemanha).

<sup>1</sup> [dimasdb@rc.unesp.br](mailto:dimasdb@rc.unesp.br)

<sup>2</sup> [rohn@rc.unesp.br](mailto:rohn@rc.unesp.br)

<sup>3</sup> [jocastro@rc.unesp.br](mailto:jocastro@rc.unesp.br)

<sup>4</sup> [ricdias@mandic.com.br](mailto:ricdias@mandic.com.br)

<sup>5</sup> [roessler@naturkunde-chemnitz.de](mailto:roessler@naturkunde-chemnitz.de)

## **CURRICULUM VITAE SINÓPTICOS DOS AUTORES**



**Dimas Dias-Brito** é professor livre-docente na Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Rio Claro (SP). Geólogo pela UnB (1976), fez mestrado na UFRJ, doutorado na UFRGS, especialização em microbiofácies carbonáticas na Universidade de Genebra e em Jornalismo Científico na UNICAMP. Trabalhou 13 anos no CENPES-Petrobras. Tem atuado e orientado alunos na investigação da paleoceanografia do Atlântico Sul primitivo (microfácies carbonáticas e paleoecologia), do Cretáceo continental (micropaleontologia) e de modernos ambientes de sedimentação da costa brasileira, incluindo estudos de sensibilidade a derramamentos de petróleo. Participa na gerência do Programa de RH em Geologia e Ciências Ambientais Aplicadas ao Setor de Petróleo & Gás e de Biocombustíveis (PRH-05). Coordena, pela UNESP, a Rede Tecnológica Petrobras em Sedimentologia e Estratigrafia e o projeto UNESPetro.



**Rosemarie Rohn** possui graduação em Geologia (1982), mestrado (1988) e doutorado (1994) em Geociências pela Universidade de São Paulo (USP). Desde 1988 é docente da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Rio Claro (SP). Desenvolve trabalhos e orienta alunos na área de Geociências, com ênfase em Paleontologia Estratigráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: Paleobotânica, Paleontologia de Invertebrados (particularmente conchostráceos) e Estratigrafia de superfície e subsuperfície. Seus principais trabalhos referem-se ao Permiano da Bacia do Paraná. Algumas investigações enfocaram conchostráceos do Cretáceo e vegetais do intervalo Cretáceo-Eoceno da Antártica. Em 2006 iniciou suas pesquisas paleobotânicas no Permiano da Bacia do Parnaíba.



**Joel Carneiro de Castro** é formado em Geologia pela Escola de Minas de Ouro Preto (1965), e titulado Doutor em Geociências (1991) e Livre-Docente em Estratigrafia e Sedimentação (1999) pela Universidade Estadual Paulista-Campus de Rio Claro. Trabalhou na Petrobras entre 1966 e 1991, período esse dividido entre o Departamento de Exploração e o Centro de Pesquisas (Cenpes). Desde 1992 dedica-se integralmente ao magistério e à pesquisa na

Unesp/Rio Claro, sempre na área sedimentar – disciplinas Petrologia, Estratigrafia, Geologia Histórica e do Brasil, e Geologia do Petróleo. Tem grande experiência em exploração e reservatórios das bacias brasileiras, trabalhando com rochas siliciclásticas e carbonáticas. Desenvolve pesquisas com seus alunos de graduação e pós-graduação, enfocando o Permocarbonífero da Bacia do Paraná.



**Ricardo Ribeiro Dias** é Doutor em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista (2008), Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1994) e Geólogo pela Universidade de Brasília (1991). Atualmente é professor da Fundação Universidade Federal do Tocantins. Tem experiência profissional e mais do que 40 trabalhos publicados nas áreas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, zoneamento ecológico-econômico, planejamento ambiental, estudos ambientais e mapeamento de recursos naturais. Foi Coordenador e Diretor da Secretaria do Planejamento do Estado do Tocantins - Diretoria de Zoneamento Ecológico-econômico e liderou equipes do governo do Tocantins em projetos com o Banco Mundial e Banco Interamericano para Desenvolvimento. É co-autor do livro Introdução à Gestão Ambiental de Estradas (IME/Fundação Ricardo Franco, Coleção Disseminar).



**Ronny Rössler** é graduado em Geologia pela Universidade de Minas e Tecnologia de Freiberg (1992), Alemanha, doutor em Geologia/Estratigrafia (1995) e com um segundo doutorado em Paleobotânica (2003), ambas na Universidade de Freiberg. Diretor desde 1995 do Museu de História Natural de Chemnitz, Alemanha. Membro do “Ludwig-Reichenbach-Society, Dresden” e do “Palaeontological Society”. Homenageado através do prêmio “Friedrich von Alberti Award” (“Alberti Foundation & Palaeontological Society”) por sua atuação na Paleontologia. Foi pesquisador associado e docente na Universidade de Freiberg, onde ainda atua como colaborador voluntário. Seus principais trabalhos (98 artigos publicados e 16 livros) relacionam-se à paleobotânica do Permo-Carbonífero.