

Novo registro de floresta petrificada em Altos, Piauí: relevância e estratégias para geoconservação

Domingas Maria da CONCEIÇÃO^{1*}, Juan Carlos CISNEROS^{1,2} & Roberto IANNUZZI³

- (1) Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CEP 50740-530, Recife, PE, Brasil. E-mail: domingasmay@hotmail.com.
(2) Departamento de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí. Av. Ininga, s/n, CEP 64049-550, Teresina, PI, Brasil. E-mail: juan.cisneros@ufpi.edu.br.
(3) Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: roberto.iannuzzi@ufrgs.br.

Recebido em 06/2015. Aceito para publicação em 07/2016.

Versão online publicada em 26/08/2016 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - Apresenta-se aqui uma nova ocorrência de plantas fósseis na Formação Pedra de Fogo, Permiano inicial da Bacia Sedimentar do Parnaíba, NE do Brasil. A ocorrência, aqui denominada Sítio Paleobotânico São Benedito, situa-se no Município de Altos, Estado do Piauí, e caracteriza-se por apresentar uma significativa quantidade de troncos gimnospérmicos de grande porte, medindo até 1,80 m de diâmetro, sendo que alguns se encontram possivelmente em posição de vida. Foram catalogados mais de 70 troncos fósseis, configurando-se, provavelmente, na maior concentração de troncos permineralizados registrada para o estado, superando a “Floresta Fóssil do Rio Poti”, em Teresina. Por último, são apresentadas propostas de geoconservação para o sítio, tendo em vista que tal ocorrência se encontra atualmente sem bases legais para sua proteção. Este novo registro demonstra o grande potencial que existe para o desenvolvimento de estudos paleobotânicos nessa bacia.

Palavras-chave: Floresta fóssil, Gimnospermas, Formação Pedra de Fogo, Bacia do Parnaíba, Permiano Inferior, Patrimônio fóssil.

Abstract - NEW RECORD OF A PETRIFIED FOREST IN ALTOS, PIAUÍ: IMPORTANCE AND STRATEGIES FOR GEOCONSERVATION. Here were present a new record of fossil plants from the early Permian Pedra de Fogo Formation of the Parnaíba Basin, northeastern Brazil. This fossiliferous area, here named São Benedito Paleobotanical Site in municipality of Altos, Piauí state, and it is characterized by a great number of large gymnosperm trunks, measuring up to 1,80 m in diameter, some of them being possibly preserved in life position. More than 70 fossil tree logs were cataloged, probably constituting the largest concentration of permineralized trunks recorded in the state, surpassing the well-known Poti River Fossil Forest, in Teresina. Also, some proposals for its preservation are presented, taking into consideration that the site currently has no legal bases for its protection. This new record of fossil plants evidences the great potential for palaeobotanical studies existing in the basin.

Keywords: Fossil Forest, Gymnosperms, Pedra de Fogo Formation, Parnaíba Basin, Lower Permian, Paleontological Heritage.

1 Introdução

Em termos do registro de vegetais fósseis, o Estado do Piauí possui um rico e significativo acervo, embora relativamente pouco estudado. Apesar da existência de uma série de trabalhos recentes sobre o conteúdo paleobotânico do Permiano desta bacia (síntese em Kurzawe *et al.*, 2013a, 2013b; Tavares *et al.*, 2014; Neregato *et al.*, 2015), pouco se conhece sobre a paleoflora deste período no referido estado, sendo que a grande maioria versa sobre os achados do norte de Tocantins. A maior parte dos estudos disponíveis para o Piauí é antiga e corresponde a trabalhos pontuais, voltados quase que exclusivamente à flora de pteridófitas (*e.g.*,

Brongniart, 1872; Pelourde, 1912; Oliveira, 1934; Dolianiti, 1954). Há apenas um estudo relativamente mais recente, referente aos vegetais fósseis permianos, realizado por Caldas *et al.* (1989). Nesse trabalho, os pesquisadores descreveram a “Floresta Fóssil do Rio Poti”, em Teresina, erigindo uma nova espécie de gimnosperma (pteridospérmica), denominada *Teresinoxylon eusebioi* Mussa 1989. Desde então, percebe-se uma total ausência de trabalhos voltados às floras do Permiano, na margem leste da bacia.

Neste artigo, é apresentada uma nova ocorrência de lenhos gimnospérmicos no Estado do Piauí, na qual se constata uma quantidade considerável de troncos gimnospérmicos perminerali-

zados por sílica (Alencar *et al.*, 2015). O novo sítio é comparado com as principais ocorrências de caules permianos na bacia. Além disso, procura-se fornecer propostas, com base na legislação vigente, para a preservação do sítio, dado seu atual estado de conservação e fragilidade, do ponto de vista, legal.

2 Área, materiais e métodos

2.1 Geologia

A Bacia do Parnaíba é uma bacia intracratônica, também denominada como Bacia do Maranhão ou Bacia do Meio Norte, a qual abrange uma área de cerca de 600 mil km², recobrimdo grande parte dos estados do Maranhão e Piauí, centro-norte do Tocantins e porções pequenas dos estados do Ceará e Pará (Santos & Carvalho, 2004). O local de estudo constitui-se de um afloramento da Formação Pedra de Fogo, conforme aponta o mapa geológico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2006).

A Formação Pedra de Fogo, de idade permiana (Plummer, 1948; Mesner & Wooldridge, 1964; Faria Jr. & Truckenbrodt, 1980; Mussa & Coimbra, 1987), assenta-se sobre a Formação Piauí (neocarbonífera) e é recoberta por depósitos das formações Motuca (provavelmente de idade também permiana) e Sambaíba (triássica?). Essas formações compõem o Grupo Balsas (Silva *et al.*, 2003).

Segundo Faria Jr. (1979), a Formação Pedra de Fogo é dividida em três membros, Membro Sílex Basal, com uma grande distribuição em área, no qual há uma intercalação de siltitos e bancos carbonáticos contendo concreções silicosas; Membro Médio, composto por pacotes de arenitos seguidos até o topo por camadas de siltitos, folhelhos e bancos carbonáticos com pequenas concreções silicosas; e o Membro Trisidela, que constitui a parte superior da formação e é caracterizado por intercalações laminares de folhelhos e níveis descontínuos de sílex, e por madeiras fossilizadas (Plummer, 1948). Os fragmentos de rochas mais comuns nesta formação são as “placas de sílex” que compõem as brechas intraformacionais. Os arenitos da Formação Pedra de Fogo são normalmente finos a muito finos, pobremente selecionados, enquanto as rochas carbonáticas ocorrem principalmente no Membro Sílex Basal e na sequência superior (Faria Jr., 1979; Faria Jr. & Truckenbrodt, 1980). O pacote é interpretado como um conjunto de ciclos transgressivos-regressivos (Mesner & Wooldridge 1964; Goés & Feijó, 1994; Santos & Carvalho, 2004).

Do ponto de vista paleontológico, essa unidade é composta por abundantes madeiras permianizadas (Plummer, 1948; Faria Jr., 1979; Santos & Carvalho, 2004), vertebrados (peixes, anfíbios) e icnofósseis de invertebrados marinhos (Plummer, 1948; Price, 1948; Cox & Hutchinson, 1991). Há também o registro de palinomorfos em superfície (Mesner & Wooldridge 1964; Dino *et al.*, 2002).

2.2 Localização da área

O “Sítio Paleobotânico São Benedito” (SPSB) localiza-se no povoado homônimo, um assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), e encontra-se a 19 km a sudoeste da sede do município de Altos, Piauí (Fig. 1). O acesso é feito pela BR 343, até a sede do município, prosseguindo em direção sul pela estrada de terra denominada “Brejo”. Embora já conhecida pela população local, não há estudos publicados sobre esta floresta fóssil. O sítio está recoberto por densa mata de cocais, o que dificulta o trabalho de prospecção na área.

O local onde estão situadas algumas concentrações de troncos fósseis é próximo a um núcleo urbano, bem como de um campo agrícola, que inclui algumas ocorrências. Ainda que a maior parte do sítio não seja muito propícia para a agricultura, por estar situado na encosta de um morro, são perceptíveis os impactos antrópicos, inclusive queimadas em locais onde há alguns troncos fósseis aflorando. De modo geral, esses troncos ocorrem associados a uma cobertura arenosa, não sendo possível observar rochas sedimentares expostas, o que dificulta a interpretação do contexto geológico da localidade.

2.3 Materiais e métodos

A pesquisa de campo foi realizada através de prospecção de superfície por caminhamento, com o auxílio de imagens de satélite obtidas através do programa *Google Earth* e um receptor de GPS, úteis no mapeamento dos troncos fósseis. Cada tronco foi catalogado, utilizando-se para isso a inicial T (T = “Tronco”), seguida de um numeral, começando-se em T1, prosseguindo em ordem crescente T2, T3, etc. (Tab. 1). Posteriormente, os dados levantados foram inseridos em uma planilha do programa *LibreOffice*. O período para a execução dos trabalhos de campo teve duração de dois anos, tendo sido efetuadas aproximadamente cinco etapas ao

ano, cada uma com duração de um dia. Os troncos catalogados passaram por uma limpeza prévia no campo, feita com pinças e escovas (Fig. 2e Fig. 6A), o que permitiu o reconhecimento de suas feições macroscópicas e registro fotográfico.

Não foi possível obter medidas completas (diâmetros e/ou comprimentos) da maioria dos troncos, principalmente dos diâmetros, pois quase todos se encontram expostos de forma parcial no solo, fragmentados, ou mostrando seções transversais de apenas algumas fatias (Fig. 2). Durante as etapas de prospecções, duas amostras de tron-

cos foram coletadas para polimento e depositadas na “Coleção de Paleobotânica” da Universidade Federal do Piauí, em Teresina, sob os respectivos prefixo e números: UFPI PAB013 e 014. Nessas amostras foram feitos cortes em seções transversais, a fim de visualizar com maior clareza a existência de possíveis anéis de crescimento (Fig. 3A). A partir do corte de uma delas (UFPI PAB014), foram confeccionadas lâminas petrográficas com o intuito de verificar se ainda haviam tecidos preservados (Fig. 4).

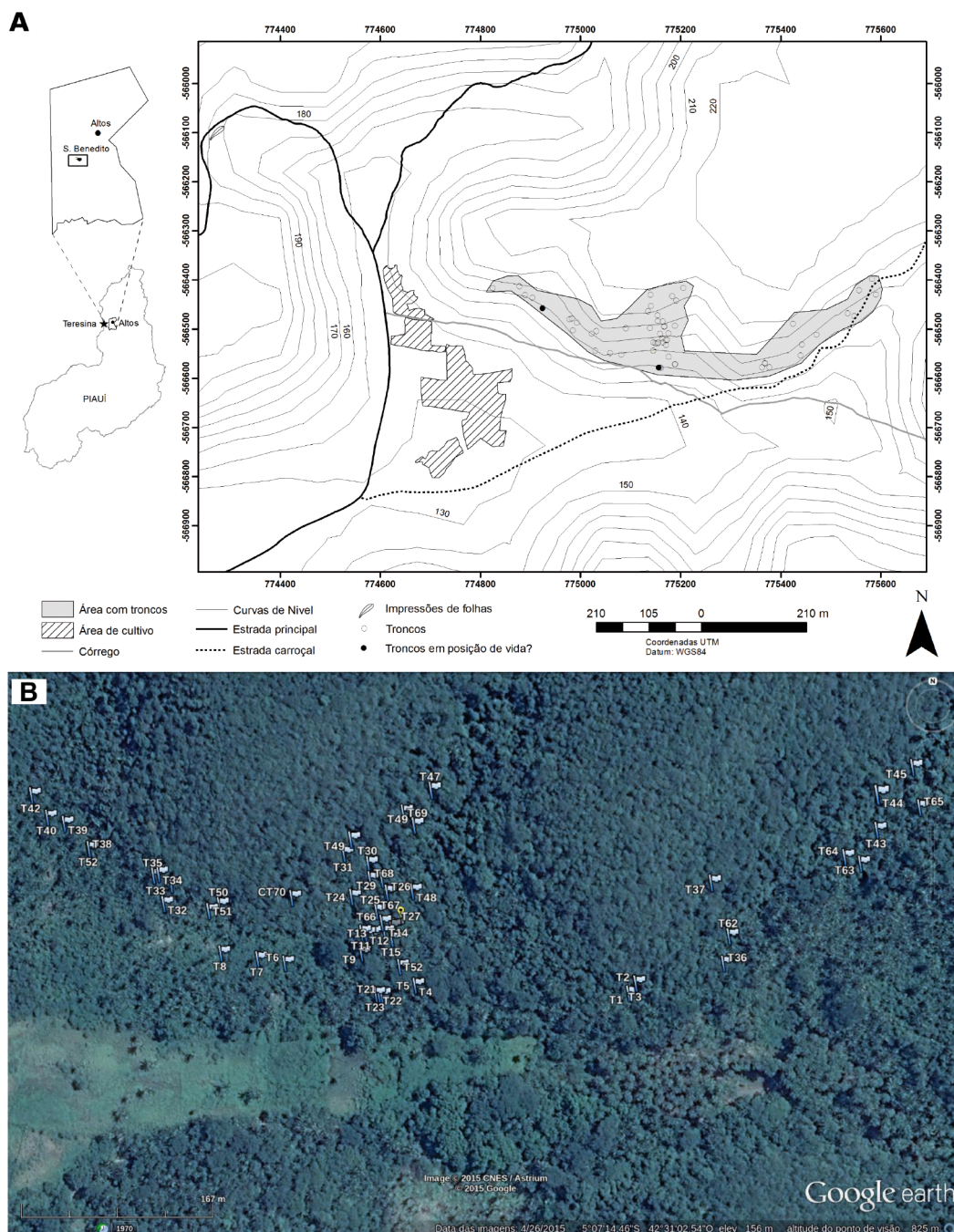


Figura 1. Localização e distribuição dos fitofósseis. A) Mapa de Localização do Sítio Paleobotânico São Benedito (SPSB), município de Alto, Piauí; B) Imagem do programa Google Earth mostrando os troncos georreferenciados na área do SPSB.



Figura 2. Estado de preservação dos troncos fósseis do SPSB. A) Espécime T64; B) Espécime T18. Em ambos os casos se evidenciam o estado de preservação bastante fragmentário e irregular dos troncos, o que impossibilitou a medida da maioria dos exemplares presentes no sítio. As setas indicam a medula (em A) e os anéis de crescimento (em B) aparentemente preservados.

3 Resultados

O novo sítio é constituído por troncos gimnospérmicos de grandes dimensões. Foram catalogados aproximadamente 70 caules, ressaltando-se ainda que alguns deles foram georreferenciados por concentração, dada a proximidade em que se encontravam uns aos outros (Tab. 1). Cabe mencionar que o mapeamento realizado não deve ser considerado definitivo, tendo em vista as dificuldades de acesso à área. Assim, estima-se que a quantidade de troncos fósseis possa ser ainda maior. Esses são encontrados em sua maioria na posição horizontal, rolados no solo, visivelmente sem ramos ou outros órgãos vegetais conectados. Entre os troncos catalogados, apenas dois parecem estar em posição de vida (troncos T23 e T31, Fig. 5A-B). Todos os exemplares mapeados pertencem ao grupo das gimnospermas, o que pode ser reconhecido através da organização interna dos troncos em bandas concêntricas de tecidos permineralizados, aqui interpretadas como possíveis anéis de crescimento do xilema secundário (Figs. 2, 5D, F, H e 6). Embora não haja certeza de que existam caules fósseis na posição de vida, pode-se classificar esta ocorrência como uma “Floresta Petrificada”, pois, de acordo com Dias-Brito *et al.* (2009), florestas petrificadas são áreas que apresentam grande quantidade de caules fósseis concentrados, independente do seu contexto tafonômico.

Em relação à fossilização das associações fitofossilíferas, essa se deu pelo processo de permineralização (incorporação de minerais dentro da estrutura celular) por sílica. Por análise espectroscópica foi constatada a presença de carbono amor-

fo em amostras dos lenhos fósseis desse sítio (síntese em Alencar *et al.*, 2015), o que caracteriza o estado de permineralização e não petrificação propriamente dita desses fósseis, haja vista a persistência de alguma matéria orgânica original na sua composição (Iannuzzi & Vieira, 2005, p. 17). Porém, em alguns casos, pode-se constatar por meio de observações macroscópicas que houve recristalização parcial dos espécimes, que dificulta ou mesmo impede o reconhecimento das características anatômicas dos troncos. O resultado da análise das seções delgadas feitas no tronco previamente selecionado (i.e. UFPI PAB014) demonstrou uma razoável preservação de porções do xilema secundário (Fig. 4), aparentemente suficientes para suportar futuros estudos taxonômicos no material. Além disso, alguns raros troncos apresentam a medula aparentemente preservada (Figs. 5D, F, H e 6B).

4 Discussão dos resultados

4.1 Comparação com outras florestas petrificadas da Bacia do Parnaíba

Durante as etapas de mapeamento dos troncos no SPSB, foi possível observar que há alguns poucos espécimes em posição vertical. No entanto, percebe-se que muitos sofreram algum transporte, haja vista que a maioria deles não estão em posição de vida, mas sim horizontalizados e/ou inclinados. Porém, estima-se que o deslocamento dos troncos teria sido resultado da erosão do terreno nas últimas centenas a milhares de anos, incapaz de levá-los para além dos limites do sítio (*locus*)

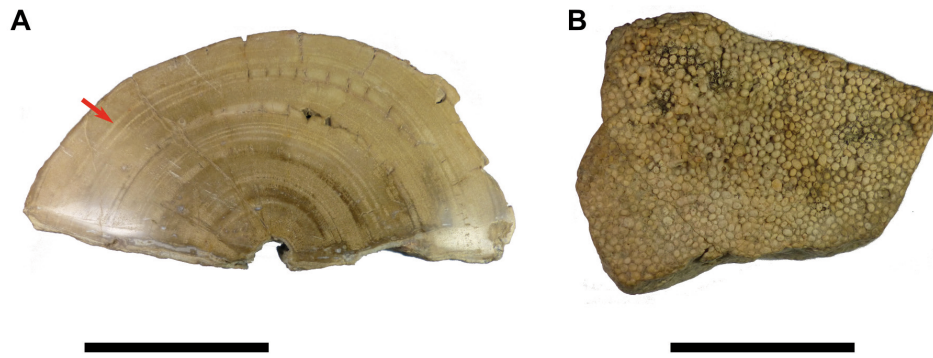


Figura 3. Lenho fóssil e estruturas sedimentares do SPSB. A) Espécime T9, fragmento de tronco de gimnosperma polido, em corte transversal (UFPI PAB013), mostrando possíveis anéis de crescimento preservados; B) Ooides encontrados junto à base do espécime T62. Escalas: 10 cm para A, 5 cm para B.

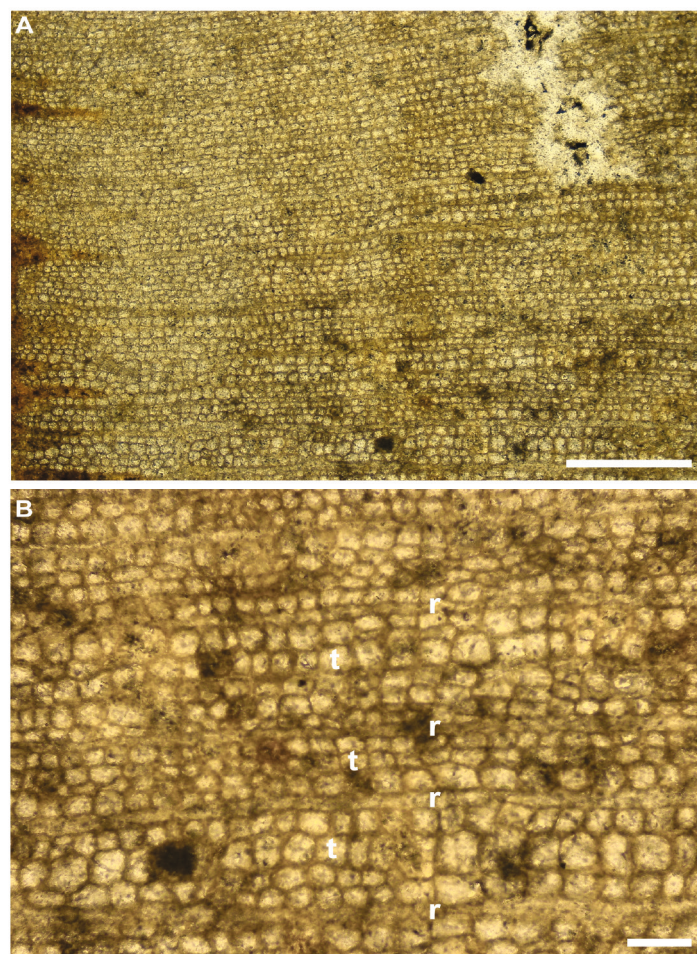


Figura 4. Seção delgada de tronco fóssil do SPSB. A) Espécime T12, seção delgada em lâmina petrográfica, feita a partir de corte transversal do tronco de gimnosperma polido (UFPI PAB014); B) Detalhe de A, mostrando a preservação de traqueídeos (t) do xilema secundário e raios do xilema (r). Escalas: 500 μ m para A, 100 μ m para B.

de preservação, considerando-se o tamanho de alguns exemplares que alcançam até 1,80 m de diâmetro (T26, Fig. 6B). Assim, a associação do SPSB parece estar preservada ainda dentro de seu ambiente sedimentar original. Na Bacia do Parnaíba existem outras duas grandes ocorrências de madeiras fósseis descritas para o Permiano, a saber: o “Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do

Tocantins” (MNAFTO), situado em Filadélfia, norte do Tocantins (Coimbra & Mussa, 1984; Mussa & Coimbra, 1987; Röbller & Galtier, 2002a, 2002b; Röbller, 2006; Dias-Brito *et al.*, 2009; Kurzawe *et al.*, 2013a, 2013b; Capretz & Rohn, 2013; Tavares *et al.*, 2014; Neregato *et al.*, 2015); e a “Floresta Fóssil do Rio Poti” (FFRP), localizada às margens e junto ao leito do Rio Poti, na área urbana de Tere-



Figura 5. Troncos fósseis do SPSB. A) Espécime T31 e B) Espécime T23, troncos em provável posição de vida; C) Espécime T61, D) Espécime T66, E) Espécime T15 e F) Espécime T28, troncos rolados, alguns mostrando a medula relativamente bem preservada (setas); G) Concentração de troncos fragmentados próximo ao espécime T48; H) Espécime T60, em posicionamento inclinado, sugerindo possível posição de vida. Escalas: 10 cm.

Tabela 1. Troncos georreferenciados do Sítio Paleobotânico São Benedito, Altos, Piauí. Localização georreferenciada dos troncos do sítio (latitude, longitude, altitude), incluindo informações adicionais sobre os mesmos, tais como as medidas dos diâmetros, quando preservadas.

Troncos	Latitude	Longitude	Altitude	Diâmetro	Observações
T1	S 05° 07' 15,8"	0 42° 30' 58,7"	140 m	30 cm	Horizontalizado a 3,70 m e aprox. 13, 5° SO do T2.
T2	S 05° 07' 15,5"	0 42° 30' 58,5"	154 m		Levemente inclinado, parcialmente recoberto por solo.
T3	S 05° 07' 15,5"	0 42° 30' 58,5"	155 m		Levemente inclinado e de pequeno porte.
T4	S 5° 7' 15,57"	0 42° 31' 4,34"	141 m		Levemente inclinado, com três fragmentos associados, 50 cm de distância entre eles.
T5	S 05° 07' 15,6'	0 42° 31' 04,3"	146 m		Horizontalizado, comprimento aproximado de 70 cm.
T6	S 05° 07' 15,0"	0 42° 31' 07,8"	139 m		Horizontalizado, próximo à trilha.
T7	S 05° 07' 14,8"	0 42° 31' 08,5"	136 m		Rolado a 17,10 m distância a SE do caule T6.
T8	S 05° 07' 14,8"	0 42° 31' 08,5"	136 m	1,60 m	Horizontalizado, aproximadamente 90 cm de comprimento, elevado grau de compactação.
T9	S 05° 07' 14,8"	0 42° 31' 08,5"	143 m		Horizontalizado, fragmento pequeno de 40 cm de comprimento, 12 m de distância do caule T8. Coletado.
T10	S 05° 07' 14,7"	0 42° 31' 05,8"	123 m	1,70 m	Fragmento rolado, grande porte (aproximadamente 80 cm de comprimento) e com anéis parcialmente visíveis.
T11	S 05° 07' 14,1"	0 42° 31' 05,7"	132 m		Próximo a uma grande concentração de outros horizontalizados ou rolados.
T12	S 05° 07' 14,7"	0 42° 31' 05,6"	123 m		Fragmento pequeno rolado com 40 cm de comprimento. Amostra coletada.
T13	S 05° 07' 14,1"	0 42° 31' 05,7"	132 m		Próximo a uma grande concentração de outros troncos horizontalizados.
T14	S 05° 07' 14,2"	0 42° 31' 05,6"	133 m		Fragmentos grandes e pequenos a 3,5 m de distância do T11.
T15	S 05° 07' 14,1"	0 42° 31' 05,5"	133 m	> 75 cm	Levemente inclinado, e vários fragmentos associados, a 6,80 m do T12.
T16	S 05° 07' 14,1"	0 42° 31' 05,1"	133 m		Fragmento horizontalizado, comprimento aproximado de 60 cm, vários fragmentos pequenos associados, a 7,85 m de distância do caule T13.
T17	S 05° 07' 14,3"	0 42° 31' 04,9"	134 m	1,60 m	Muito fragmentado, encontra-se à 8,5 m do T14. Amostras coletadas.
T18	S 05° 07' 14,0"	0 42° 31' 04,9"	142 m	1,60 m	Concentração de três troncos horizontalizado com largura aproximada de 75 e 50 cm, grande porte, medula não preservada, 2,90 m de distância do T17.
T19	S 05° 07' 14,0"	0 42° 31' 04,8"	144 m		Horizontalizados com vários fragmentos associados, a 4,40 m de distância do caule T15.
T20	S 5° 7' 14,18"	0 42° 31' 5,62"	155 m		Junto ao um aglomerado de troncos menores, 12,30 m de distância a N do Tronco 17. Amostras coletadas.
T21	S 05° 07' 15, 8"	0 042° 31' 05,2"	151 m		Vários fragmentos em níveis acima dos troncos T20 e T21.
T22	S 05° 07' 15, 8"	0 05° 07' 15, 8"	151 m		Horizontalizado, comprimento aproximado 70 cm.
T23	S 05° 07' 15, 8"	0 042° 31' 05,4"	152 m	1,35 m	De grande porte, possível posição de vida.
T24	S 05° 07' 13,2"	0 042° 31' 06,0"	143 m		Fragmento, rolado a 6,30 m 20° NO do T23.
T25	S 05° 07' 13,1"	0 042° 31' 05,1"	150 m		Na horizontal, relativamente bem preservado.
T26	S 05° 07' 13,1"	0 042° 31' 05,0"	149 m	1,80 m	Horizontalizado, de grande porte com a medula preservada.
T27	S 05° 07' 13,5"	0 042° 31' 04,8"	152 m		Fragmento rolado próximo ao caule T26.
T28	S 05° 07' 14,2"	0 42° 31' 05,5"	143 m	30 cm	Talvez, parte de um ramo que está aflorando?
T29	S 05° 07' 12,7"	0 42° 31' 05,1"	159 m		Horizontalizado, talvez com a medula preservada.
T30	S 05° 07' 12,3"	0 42° 31' 05,5"	150 m		Na horizontal, fragmentado e com intercalações de quartzo.
T31	S 05° 07' 12,1"	0 42° 31' 06,1"	153 m	70 cm	Em posição de vida? Coletado um fragmento rolado próximo a ele.
T32	S 05° 07' 13,4"	0 42° 31' 11,0"	127 m		Levemente inclinado, comprimento 90 cm.
T33	S 05° 07' 12,8"	0 42° 31' 10,7"	134 m		Levemente Inclinado, parcialmente coberto por solo.
T34	S 05° 07' 12,6"	0 42° 31' 11,0"	138 m		Horizontalizado ou rolado? Bastante coberto por solo.
T35	S 05° 07' 12,6"	0 42° 31' 11,2"	141 m		Com a medula visível?
T36	S 05° 07' 15"	0 42° 30' 56,2"	194 m	94 cm	Rolado com quatro fragmentos associados.
T37	S 05° 07' 12,9"S	0 42° 30' 56,7"	183 m		Rolado com a medula preservada.
T38	S 05° 07' 9"	0 42° 31' 12,9"	140 m		Agglomeração de fragmentos de Troncos com comprimentos aproximados de 30 cm.
T39	S 05° 07' 11,2"	0 42° 31' 13,6"	139 m		Fragmento rolado, de pequeno porte.
T40	S 05° 07' 11"	0 42° 31' 14,1"	137 m		Dois troncos horizontalizados, pequenos com a medula preservada, provavelmente da mesma árvore.
T41	S 05° 07' 10,4"	0 42° 31' 14,5"	131 m		Concentração de troncos grandes.
T42	S 05° 07' 10,6"	0 42° 31' 16,2"	122 m		Fragmento pequeno, rolado.

T43	S 5° 7' 11,5"	0 42° 30' 52"	126 m		Horizontalizado, de médio porte, no meio da trilha, e como a medula preservada?
T44	S 5° 7' 9,9"	0 42° 30' 51,6"	140 m		Rolados de pequeno porte.
T45	S 5° 7' 3,6"	0 42° 30' 51,6"	149 m		Fragmento rolado, com a medula parcialmente preservada.
T46	S 5° 7' 10,5"	0 42° 31' 3,8'	173 m		Vários fragmentos associados.
T47	S 5° 7' 11,4"	0 42° 31' 4,3"	175 m		Concentração de fragmentos grandes em comprimento, alguns com a medula parcialmente preservada.
T48	S 5° 7' 13.04"S	0 42° 31' 4.36"	157 m	80 cm?	Na horizontal? Com a medula preservada; comprimento mínimo: 1,78 m.
T49	S 5° 7' 11.73"S	0 42° 31' 5.91"	157 m		Fragmento pequeno, com anéis visíveis.
T50	S 5° 7' 13.40"	0 42° 31' 9.45"	161 m		Apresenta grande porte com outros associados, inseridos em um afloramento de arenito.
T51	S 5° 7' 13.56"	0 42° 31' 9.75"	161 m		Encontra-se associados a vários fragmentos, 8,0 m do T50.
T52	S 5° 7' 15.06"	0 42° 31' 4.75"	154 m		Levemente inclinado, medula fragmentada.
T53	S 5° 7' 14.83"	0 42° 30' 57.97"	163 m	94 cm	Inclinado, na horizontal com a medula parcialmente preservada.
T54	S 5° 7' 14.64"	0 42° 30' 57.92"	163 m	90 cm	Vários fragmentos a 10 cm do T73. Alguns com anéis visíveis.
T55	S 5° 7' 14.64"	0 42° 30' 57.73"	150 m	>80 cm	Fragmento rolado, comprimento aprox. 80 cm.
T56	S 5° 7' 14.08"	0 42° 30' 57.80"	157 m		Fragmento grande com mais de três fragmentos menores associados.
T57	S 5° 7' 14.09"	0 42° 30' 57.70"	161 m		Dois fragmentos rolados, comprimentos aproximados: 60 e 70 cm. .
T58	S 5° 7' 13.04"	0 42° 30' 56.37"	169 m		Fragmento pequeno soterrado no solo, 30 m de distância do caule C55.
T59	S 5° 7' 12.14"	0 42° 30' 56.73"	170 m	90 cm	Cinco fragmentos grandes, relativamente bem preservados; tronco ferrificado próximo?
T60	S 5° 7' 14.25"	0 42° 30' 56.65"	159 m		Fragmentos grandes horizontalizados muito próximos. Medula preservada?
T61	S 5° 7' 14.16"	0 42° 30' 56.93"	159 m		Fragmento horizontalizado, com a medula parcialmente preservada.
T62	S 5° 7' 14.24"	0 42° 30' 56.11"	162 m	50 cm	Levemente inclinado, com vários fragmentos associados; anéis de crescimentos visíveis e presença de oólitos próximo a ele.
T63	S 5° 7' 12.33"	0 42° 30' 52.73"	162 m		Horizontalizado? No meio da trilha.
T64	S 5° 7' 12.16"	0 42° 30' 53.15"	169 m		Muito fragmentado, parte da medula parcialmente preservada.
T65	S 5° 7' 10.91"	0 42° 30' 51.34"	174 m	40 cm	Horizontalizado? Parcialmente coberto por solo.
T66	S 5° 7' 13.87"	0 42° 31' 5.19"	155 m		Levemente inclinado, medula e anéis de crescimento parcialmente preservados.
T67	S 5° 7' 13.56"	0 42° 31' 5.32"	158 m		Associação de caules grandes horizontalizados.
T68	S 5° 7' 12.73"	0 42° 31' 5.46"	166 m		Levemente inclinado e semi-imerso no solo.
T69	S 5° 7' 11.06"	0 42° 31' 4.54"	183 m		De grande porte rolado sem medula preservada.
T70	S 5° 7' 13.21"	0 42° 31' 7.54"	160 m		Horizontalizados, levemente inclinado com a medula preservada.

sina, no Piauí (Caldas *et al.*, 1989).

As pesquisas realizadas no MNAFTO mostram que nele há uma boa diversidade taxonômica de gimnospermas (sete espécies), esfenófitas (duas) e pteridófitas (sete), este último sendo o grupo mais abundante. Não há registros de fósseis em posição de vida no MNAFTO. Já na FFRP, existem caules em posição de vida, o que a torna uma ocorrência excepcional para o Paleozoico na América do Sul (Caldas *et al.*, 1989). Em contraste com o MNAFTO, há em Teresina uma predominância de gimnospermas. Porém, uma única espécie de gimnosperma pteridospermófitas foi descrita até o momento, i.e. *Teresinoxylon eusebioi* Mussa 1989 (Caldas *et al.*, 1989). Em recentes observações em campo, verificou-se também a presença de uns poucos caules fragmentados de pteridófitas, similares a *Psaronius* sp., os quais se encontram horizontalizados e rolados, distribuindo-se por entre as bases de troncos gimnospermícos dispostas em posição de vida.

A catalogação dos fitofósseis no SPSB exibiu, até o momento, apenas o registro de gimnospermas. Comparando-se as duas ocorrências da por-

ção nordeste desta bacia, i.e. SPSB e FFRP, no Piauí, são perceptíveis semelhanças entre elas. As duas florestas do Piauí apresentam predominância de gimnospermas e ausência ou raridade de pteridófitas. Há ainda semelhanças entre estes dois sítios quanto ao contexto tafonômico, justificadas pela possível presença de caules em posição de vida no SPSB (Fig. 5A-B) e os já conhecidos registros em Teresina (Caldas *et al.*, 1989). Embora na FFRP haja pteridófitas, como foi apontado, elas correspondem claramente a restos vegetais que foram transportados, seja no passado (elementos parautóctones a alóctones), seja mais recentemente, por meio da erosão fluvial (*ex-locus*) causada pelas cheias Rio Poti, o que pode ser inferido pela sua raridade e modo de ocorrência.

Em relação ao MNAFTO, os dois sítios do Piauí, i.e. SPSB e FFRP, apresentam dissimilaridades, pois naquele depósito fossilífero há uma associação muito mais variada. Ressalta-se também a significativa abundância de samambaias arborescentes no MNAFTO (constituindo cerca de 90% dos caules fósseis), sendo o gênero *Tietea* o táxon de maior frequência (Dias-Brito *et al.*,



Figura 6. Troncos fósseis de grande porte no SPSB. A) Espécime T18, com a medula não preservada, mas apresentando possíveis anéis de crescimento bem visíveis (seta); B) Espécime T26, maior tronco catalogado no sítio, com diâmetro de 1,80 m e a medula possivelmente preservada (seta); C) Espécime T4 e D) Espécime T50, troncos de grande porte, rolados.

2009; Tavares *et al.*, 2014). Por outro lado, nota-se uma escassez de gimnospermas no MNAFTO, embora haja estudos focados neste grupo (Kurzawe *et al.*, 2013a, 2013b). Isto contrasta com a predominância de gimnospermas nas florestas fósseis de Teresina (FFRP) e Altos (SPSB). Assim sendo, percebe-se que há diferenças importantes entre as florestas do Piauí em relação à ocorrência do Tocantins, quais sejam: (i) menor diversidade florística, (ii) predominância de gimnospermas em relação às pteridófitas, e ainda, (iii) diferente contexto tafonômico, visto que no Tocantins não se conhecem registros de caules fósseis em posição de vida.

Deve-se considerar, contudo, que a aparente maior diversidade florística na ocorrência do Tocantins deva ser decorrente, em parte, da maior quantidade de pesquisas já realizadas naquela região.

Além das diferenças listadas acima, ainda há questões estratigráficas a serem resolvidas. Os caules fósseis da Bacia do Parnaíba são tradicionalmente referidos à Formação Pedra de Fogo (Plummer, 1948; Mesner & Wooldridge, 1964; Mabesoo-ne, 1977; Faria Jr. & Truckenbrodt, 1980; Caldas *et al.*, 1989; Santos & Carvalho, 2004). Contudo, em vários trabalhos, os caules do MNAFTO têm sido posicionados na base da Formação Motuca (Pinto

& Sad, 1986; Dias-Brito *et al.*, 2009; Kurzawe *et al.*, 2013a; Capretz & Rohn, 2013), o que tem sido apenas recentemente contestado (Andrade *et al.*, 2014; Araújo *et al.*, 2016). De qualquer modo, este posicionamento do MNAFTO contrasta com o observado para as florestas fósseis de Teresina e de Altos, assim como de várias outras ocorrências de caules fósseis presentes no sul-sudeste do Maranhão (Coimbra & Mussa, 1984; Mussa & Coimbra, 1987; Caldas *et al.*, 1989). Tanto a FFRP, em Teresina, como o SPSB, em Altos, apresentam características que confirmam a sua origem em depósitos vinculados à Formação Pedra de Fogo. Em Altos, os caules ocorrem associados a ooides (Fig. 3B), os quais são grãos aloquímicos registrados unicamente na Formação Pedra de Fogo e, portanto, considerados uma feição sedimentar importante na definição da referida unidade, conforme Plummer (1948) e Faria Jr. & Truckenbrodt (1980). Já em Teresina (Caldas *et al.*, 1989), os troncos em posição de vida estão claramente em fácies típicas da Formação Pedra de Fogo: arenitos beges contendo intercalações de siltitos argilosos esverdeados e microbialitos (= esteiras bacterianas). Ainda em Teresina, prospecções recentes têm revelado a presença de estromatólitos e uma grande concentração de ooides e clastos de sílex associados aos horizontes que contém os troncos ao longo do leito do Rio Poti; todas características diagnósticas da Formação Pedra de Fogo (Plummer, 1948; Mesner & Wooldridge, 1964; Mabesoone, 1977; Faria Jr. & Truckenbrodt, 1980; Caldas *et al.*, 1989; Santos & Carvalho, 2004).

Deve-se ressaltar que as ocorrências acima mencionadas, situadas no Piauí e sudeste do Maranhão, encontram-se mapeadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2006) como áreas aflorantes da Formação Pedra de Fogo. Além disso, em Nova Iorque, no sudeste do Maranhão, às margens da Represa Boa Esperança, 13 km sul da seção tipo da Formação Pedra de Fogo, podem ser observados, por exemplo, lenhos gimnospérmicos e caules de pteridófitas (= *Psaronius* sp.) claramente ainda inseridos nas rochas (*in situ*), aflorando sobre um nível de microbialitos, em associação a uma camada de brecha intraformacional contendo clastos de sílex, todas feições típicas da referida unidade (Plummer 1948; Faria Jr. & Truckenbrodt, 1980; Santos & Carvalho, 2004). Por fim, análises de espectroscopia realizadas por Alencar *et al.* (2015) em troncos do SPSB aportaram resultados que mostraram o mesmo padrão de composição química encontrado em caules coletados em Nova Iorque e Balsas (MA), onde afloram os estratos fitofossilíferos da Formação Pedra de Fogo (Plummer,

1948; Faria Jr. & Truckenbrodt, 1980; Coimbra & Mussa, 1984; Mussa & Coimbra, 1987).

Confirma-se, portanto, que, de modo geral, os fitofósseis encontrados no Permiano da margem leste da bacia, *e.g.*, regiões sul-sudeste do Maranhão e sudoeste, oeste e noroeste do Piauí, são provenientes de depósitos pertencentes à Formação Pedra de Fogo. Por outro lado, a ocorrência de uma associação dominada por pteridófitas no estado do Tocantins, i.é. no MNAFTO, supostamente proveniente da Formação Motuca, poderia ser interpretada como decorrente de uma mudança faciológica lateral e não necessariamente atribuída a uma posição estratigráfica diferenciada (superior). Neste caso, haveria uma interdigitação lateral entre os depósitos dessas duas unidades, configurando-se assim um contato transicional entre as mesmas. Entretanto, a confirmação desta hipótese depende da realização de extensos trabalhos estratigráficos que abordem a correlação entre os depósitos de ambas as unidades ao longo da porção sul da bacia, como os propostos por Andrade *et al.* (2015) e Araújo *et al.* (2016).

Além do exposto acima, deve-se considerar ainda que os contrastes observados entre essas florestas fósseis podem refletir, na realidade, distintas condições climáticas e/ou ambientais da bacia durante o Permiano, ao invés de refletir diferenças nas idades e/ou níveis estratigráficos. Coimbra & Mussa (1984), baseados na presença de fósseis de esfenófitas arborescentes (i.e. Calamitaceae), postularam um ambiente úmido para a região do MNAFTO. Rößler (2006) caracterizou tanto o depósito do MNAFTO quanto o da floresta petrificada de Chemnitz na Alemanha, ambas de idade permiana, como tendo sido gerados em ambientes de terras úmidas, dominados por clima quente e úmido, devido ao predomínio de samambaias arborescentes, mas com variações sazonais. Em contraste, a dominância de gimnospermas em Teresina (FFRP) e Altos (SPSB) sugeriria a existência de um clima menos úmido e até, possivelmente, uma topografia mais elevada para esta região na época, já que este grupo se desenvolvia mais francamente em ambientes com terrenos bem drenados e mais afastados dos corpos d'água (plantas de ambientes xerófilos, conforme Remy, 1975), durante o Paleozoico.

4.2 Medidas de proteção

O Sítio Paleobotânico São Benedito encontra-se muito próximo a uma área onde são desenvolvidas atividades agrícolas, o que de certa forma

pode vir a prejudicar a conservação dos fósseis, na medida em que tais ações avançam. Embora por lei os fósseis sejam considerados como patrimônio da União (Brasil, 1942, 1988), isso não lhes confere a proteção desejável, especialmente tendo em vista a sua relevância científica. Isto se deve ao fato de que na prática, os bens tidos como patrimônio da União, por exemplo, sítios de natureza paleontológica (artigos 20 e 216, Brasil, 1988), só passam a ter uma fiscalização com maior rigor quando estão inseridos dentro de uma unidade de preservação específica. Em muitos casos, somente após a elaboração de um plano de manejo é que de fato a fiscalização passa a acontecer. De modo geral, as ações de proteção aos jazigos paleontológicos do país ainda são ineficazes, apesar de já existirem algumas poucas leis com este objetivo. Após uma análise da legislação brasileira referente ao patrimônio fóssil, principalmente em relação às categorias de unidades de conservação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Brasil, 2000), optou-se por apresentar adiante algumas propostas que visem a preservação do referido sítio.

A Lei Federal 9.985 de julho/2000 (Brasil, 2000) que institui o SNUC, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. O artigo 3º, inciso VII, postula que um dos objetivos do SNUC é “proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural”. Esse fim aplica-se, de forma direta, ao SPBP, tendo em vista que ele apresenta “características relevantes de natureza paleontológica” pela sua grande concentração de troncos permineralizados. Ainda, conforme o Art. 7º da referida lei, as Unidades de Conservação (UC's) que integram o SNUC dividem-se em dois grupos com características distintas: (i) Unidades de Proteção Integral, que tem como objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido nessas apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos no inciso § 1º; (ii) Unidades de Uso Sustentável, que tem como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, como está previsto no inciso § 2º.

Entre as categorias de UC's incluídas nos dois grupos, somente a do “Monumento Natural” seria uma alternativa de preservação adequada e viável a ser aplicada no referido sítio. Segundo o artigo 12 do SNUC, o Monumento Natural tem como objetivo fundamental preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica e pode ser aplicado em pequenas áreas (Brasil, 2000). Esta

categoria de unidade de conservação, diferentemente das demais, as quais estão voltadas de forma mais direta para locais ou áreas com patrimônio de natureza biológica (fauna e flora), apresenta atributos que se aplicam mais comumente aos sítios paleontológicos, já tendo sido, por isso mesmo, aplicada ao MNAFTO, aqui abordado (Dias Brito *et al.*, 2009).

Entre outras possíveis alternativas legais de proteção estão: a criação de um geoparque (UNESCO, 2010), ou ainda, o tombamento da área, ao se considerar os fósseis como um patrimônio cultural (artigo 216, Brasil, 1988), por meio de ação do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) (Brasil, 1937). Não obstante, estas alternativas estão sendo aqui consideradas como procedimentos menos adequados no caso do SPSB, pelas razões expostas a seguir. Inicialmente, a criação de um geoparque está vinculada a uma grande área geográfica e a um conjunto de sítios geológicos (UNESCO, 2010), características ausentes na área. O geoparque deve ser autossustentável, o que, pelo menos, no presente caso, parece inviável. Em relação à segunda alternativa, quando se promove o tombamento de um patrimônio pelo IPHAN, especialmente paleontológico, as possibilidades de acesso e de estudo se tornam mais complexas e burocráticas. As diretrizes que regem um bem tombado devem estar de acordo com o Decreto-lei 25/1937 (Brasil, 1937), que previne quaisquer ações que não visem a conservação e/ou a restauração do patrimônio. Dessa forma, em caso de um tombamento, o prosseguimento às pesquisas científicas nesse sítio, o qual ainda necessita de escavações e coletas de amostras, tornar-se-ia inviável devido aos impedimentos supracitados. Além disso, não se pode esquecer que a área de estudo se encontra dentro de um assentamento do INCRA, o que por si só seria um complicador legal para obtenção do tombamento do sítio, pois tal situação impediria o livre acesso dos assentados à área por ventura demarcada pelo IPHAN. Deste modo, a única medida legal que permitiria a existência pacífica entre população local (incluindo assentados) e os fósseis, seria a instalação de uma UC da categoria Monumento Natural, como previsto no SNUC. Problema semelhante existe na área hoje abrangida pela MNAFTO, pois as ocorrências fósseis situam-se em sua grande maioria dentro de propriedades rurais (Dias-Brito *et al.*, 2009). A única solução legal para se estabelecer uma proteção efetiva dos fósseis, sem gerar uma desapropriação de terras ou restrição de acesso à área, foi a de se optar pela categoria de Monumento Natural.

Deve-se ainda ressaltar que a população lo-

cal tem conhecimento da existência desses fósseis, mas até o momento não reconhece o valor científico e cultural dos mesmos. Para os populares, os troncos configuram-se apenas em “pedras que se parecem com madeiras”. Portanto, quaisquer propostas de conservação a serem implementadas junto ao sítio devem vir acompanhadas de estratégias que envolvam atividades de educação ambiental/patrimonial junto à comunidade do assentamento do INCRA (por exemplo, realização de oficinas, cursos, distribuição de cartilhas, entre outros), a fim de esclarecer e sensibilizar os assentados sobre o valor patrimonial e a importância científica do sítio. Estas atividades devem ser colocadas em prática o mais breve possível para que, desta forma, a população local possa valorizar e colaborar efetivamente na preservação do depósito fossilífero (Ponciano *et al.*, 2011). A educação ambiental/patrimonial também poderá preparar a comunidade para cooperar e trabalhar em uma eventual atividade que se configure no aproveitamento sustentável deste patrimônio, tal como no caso do geoturismo (Carvalho & Da Rosa, 2008), o qual possui um grande potencial para ser aplicado no caso do SPSB.

5 Conclusões

A nova floresta fóssil do SPSB, em Altos, é caracterizada por apresentar uma abundância de troncos gimnospérmicos de grande porte, alguns medindo até 1,80 m de diâmetro. Foram catalogados aproximadamente 70 lenhos gimnospérmicos na área, não tendo sido detectado nenhum espécime de outros grupos taxonômicos. Estes lenhos poderão viabilizar a realização de futuros trabalhos taxonômicos, com intuito de estabelecer determinações em nível de família e/ou gênero/espécie, a partir da análise de seções delgadas a serem obtidas por meio da confecção de lâminas petrográficas.

As duas florestas fósseis da porção nordeste da bacia, mencionadas neste trabalho, isto é, FFRP e SPSB, apresentam semelhanças entre si no que se refere a sua composição florística (com predomínio de gimnospermas) e contexto tafonômico (fósseis em posição de vida), contrastando com a floresta do MNAFTO, situada na porção sudoeste da bacia, onde há a dominância das pteridófitas e faltam espécimes em posição de vida. Tais dissimilaridades podem estar relacionadas tanto a diferenças estratigráficas, como aos distintos padrões paleoclimáticos, paleoambientais e tafonômicos reinantes nas distintas porções da bacia. O registro destas florestas em diferentes formações, *e.g.*, Pe-

dra de Fogo *versus* Motuca, já é em si uma boa justificativa para ocorrência das diferenças expostas acima. Em relação ao paleoclima, é provável que na margem nordeste da bacia tenha predominado um clima mais seco que favoreceu o desenvolvimento de grandes florestas de gimnospermas, enquanto na margem sudeste teria prevalecido um regime mais úmido que favoreceu o florescimento das pteridófitas, melhor adaptadas a essas condições.

Estudos geológicos e tafonômicos são ainda necessários para confirmar a presença de troncos em posição de vida no SPSB. Porém, é evidente que esse sítio oferece informações valiosas para os estudos de vegetais fósseis permianos da bacia do Parnaíba, necessitando, portanto, de proteção, seja no âmbito municipal, estadual ou federal. Neste sentido, sugeriu-se aqui a categoria do Monumento Natural, prevista no SNUC, como a melhor unidade de conservação para proteger legalmente o patrimônio paleontológico do SPSB, a exemplo do que já foi aplicado na floresta fóssil do Tocantins, com a instalação do MNAFTO. Há ainda a possibilidade futura de se desenvolver o geoturismo nesse sítio, o que pode ser um aliado na preservação do mesmo, desde que essa atividade seja realizada mediante um planejamento adequado e com consenso e colaboração da população local.

Agradecimentos - Os autores agradecem a Maria da Conceição Fernandes de Paiva Costa, Joira Mara Fernandes de Paiva Costa e Francisco José Silva pelo acesso ao “Sítio Paleontológico São Benedito”, ao INCRA, pelos dados técnicos e mapas fornecidos, às revisoras Rosemarie Rohn-Davies e Tatiane M.V. Tavares, por suas sugestões que contribuíram para a melhoria do manuscrito original, e aos editores pela minuciosa revisão final do manuscrito. DMC agradece especificamente à UFPI pela concessão de bolsa de IC (processo no CCN-067/2010), e CAPES pelo suporte financeiro através de bolsa de mestrado. RI e JCC agradecem ao CNPq pelos auxílios concedidos via projetos de pesquisa e bolsa (processos n.º. 483704/2010-5, 401848/2010-8 e PQ309211/2013-1). Esta pesquisa é parte integrante da dissertação de mestrado da autora sênior desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

Referências

- Andrade, L.S., Nogueira, A.C.R. & Silva Junior, J.B.C. 2014. Evolução de um Sistema Lacustre Árido Permiano, parte Superior da Formação Pedra de Fogo, Borda Oeste da Bacia do Parnaíba. *Geologia USP, Série científica*, 14(4): 3-60.
- Alencar, W.J., Santos, F.E.P., Cisneros, J.C., Silva, J.H., Freire, P.T.C. & Viana, B.C. 2015. Spectroscopic analysis and X-ray diffraction of trunk fóssil from the Parnaíba

- ba Basin, Northeast Brazil. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 135: 1052-1058.
- Araújo, R.N., Nogueira, A.C.R., Bandeira, J., Angélica, R.S. 2016. Shallow lacustrine system of the Permian Pedra de Fogo Formation, Western Gondwana, Parnaíba Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 67: 57-70.
- Brasil. 1937. *Decreto-Lei 25 de novembro de 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/_03/decreto-lei/del0025.htm>. Acesso em: 08 dez. 2012.
- Brasil. 1942. *Decreto-lei nº 4.146, de março de 1942. Dispõe sobre a proteção de depósitos fossilíferos*. Disponível em: <http://lwww.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/De4146.htm>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- Brasil. 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 06 dez. 2012.
- Brasil. 2000. *Lei nº 9.985, de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/9985.htm>. Acesso em: 07 dez. 2012.
- Brongniart, A. 1872. Notice sur le *Psaronius brasiliensis*. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 19: 3-10.
- Caldas, E.B., Mussa, D., Lima Filho, F.P.G. & Rösler, O. 1989. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina, Piauí. *Boletim IG-USP, Publicação Especial*, 7: 69-87.
- Capretz, R.L. & Rohn, R. 2013. Lower Permian stems as fluvial paleocurrent indicators of the Parnaíba Basin, northern Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 45: 69-82.
- Carvalho, I.S. & Da Rosa, A.A.S. 2008. Paleontological tourism in Brazil: examples and discussion. *Arquivos do Museu Nacional*, 66(1): 271-283.
- Coimbra, A. & Mussa, D. 1984. Associação lignitaflorestística na Formação Pedra de Fogo (Arenito Cacun-da), Bacia do Maranhão-Piauí, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v. 2, 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.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2006. *Mapa Geológico do Estado do Piauí*. Teresina, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2 v., escala 1:1.000.000.
- Dias-Brito, D., Rohn, R., Castro, J.C., Dias, R.R. & Rösler, R. 2009. Floresta petrificada do Tocantins Setentrional - O mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. In: Winge, M., Schobbenhaus, C., Souza, C.R.G., Fernandes, A.C.S., Berbert-Born, M., Queiroz, E.T. & Campos, D.A. (Eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília, CPRM/SIGEP, 2: 337-354.
- 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.
- Doliani, E. 1954. A flora do Carbonífero Inferior de Teresina, Piauí. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia*, 148: 1-56.
- Faria Jr., L.E.C. 1979. *Estudo sedimentológico da Formação Pedra de Fogo - Permiano Bacia do Maranhão*. Pará, 56p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará.
- Faria Jr., L.E.C. & Truckenbrodt, W. 1980. Estratigrafia e petrografia da Formação Pedra de Fogo - Permiano da Bacia do Maranhão, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário Camboriú. *Anais...* Balneário Camboriú, SBG, v. 2, p. 740-754.
- Goés, A.M.O. & Feijó, F.J. 1994. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 8(1): 57-67.
- Iannuzzi, R. & Vieira, C.E.L. 2005. *Paleobotânica*. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 167p.
- Kurzawe, F., Iannuzzi, R., Merlotti, S., Rösler, R. & Noll, R. 2013a. New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part 1: *Ductoabietoxylon*, *Scleroabietoxylon* and *Parnaiboxylon*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 195: 37-49.
- Kurzawe, F., Iannuzzi, R., Merlotti, S. & Rohn, R. 2013b. New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part 2: *Damudoxylon*, *Kaokoxylo* and *Taeniopitys*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 195: 50-64.
- Mabesoone, J.M. 1977. Paleozoic- Mesozoic Deposits of the Piauí-Maranhão Syncline (Brazil): Geological History of a Sedimentary Basin. *Sedimentary Geology*, 19: 7-38.
- Mesner, J.C. & Wooldrige, L.C. 1964. Maranhão Paleozoic Basin and Cretaceous Coastal Basins, Northern Brazil. *Bulletin of the American Association Petroleum Geologist*, 48(9): 1475-1512.
- Mussa, D. & Coimbra, A.M. 1987. Novas Perspectivas de Comparação entre as taofloras permianas (de lenhos) das Bacias do Parnaíba e do Paraná: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10., 1987, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, SBP, v. 2, p. 901-923.
- Neregato, R., Rösler, R., Rohn, R. & Noll, R. 2015. New petrified calamitaleans from the Permian of the Parnaíba Basin, central-north Brazil. Part I. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 215: 23-45.
- 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 PALEONTOLOGIA, 34., 1986, Goiás. *Anais...* Goiás, SBP, p. 346-358.
- Oliveira, E. 1934. Ocorrência de plantas carboníferas da flora Cosmopolita no Estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 6: 113-118.
- Pelourde, F. 1912. Observations sur le *Psaronius brasili-*

- liensis*. *Annales des Sciences Naturelles Botanique*, 9: 337-352.
- Ponciano, L.C.M.O., Castro, A.R.S.F., Machado, D.M.C., Fonseca, V.M.M. & Kunzler, J. 2011. Patrimônio Geológico-Paleontológico *In Situ* e *Ex Situ*: Definições, Vantagens, Desvantagens e Estratégias de Conservação. In: Carvalho, I.S., Srivastava, N.K., Strochschoen Jr., O. & Lana, C.C. (Eds.). *Paleontologia: Cenários de Vida*. Rio de Janeiro, Interciência, v. 4, p. 853-870.
- Plummer, F.B. 1948. *Estados do Maranhão e Piauí*. Rio de Janeiro, Conselho Nacional do Petróleo, 47p. (Relatório Interno).
- Price, L.I. 1948. Um anfíbio labirintodonte da Formação Pedra-de-Fogo, Estado do Maranhão. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia*, 124: 1-32.
- Remy, W. 1975. The floral changes at the Carboniferous-Permian boundary in Europe and North American. In: Barlow, J.A. (Ed.). *The Age of the Dunkard*. Morgantown, West Virginia Geological and Economic Survey, p.305-355.
- 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 of London Special Publications*, 265: 39-63.
- Rößler, R. & Galtier, J. 2002a. First *Grammatopteris* tree ferns from the Southern Hemisphere e 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 NE Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 122: 239-263.
- Santos, M.E.C.M. & Carvalho, M.S.S. 2004. *Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís: Reconstituições Paleobiológicas*. 2a. ed. Rio de Janeiro, CPRM Serviços Geológicos do Brasil, 194p.
- Silva, A.P.J., Lopes, R.C., Vasconcelos, A.M. & Bahia, R.B.C. 2003. Bacias Sedimentares Paleozoicas e Meso-Cenozoicas Interiores. In: Bizzi, L.A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R.M. & Gonçalves, J.H. (Eds.). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Texto, mapas & SIG*. Brasília, CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, p. 55-85.
- Tavares, T.M.V., Rohn, R., Rößler, R. & Noll, R. 2014. Petrified Marattiales pinnae from the Lower Permian of North-Western Gondwana (Parnaíba Basin, Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 201: 12-28.
- UNESCO. 2010. *Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network*. Disponível em: <<http://www.unesco.org/science/earthsciences/geoparks/geoparks.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

Man 576

Editores: Marina Bento Soares & Maria do Carmo Lima e Cunha.