

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FLÁVIA TAQUES ROLIM DE MOURA MACHADO

ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DE CAULES FÓSSEIS MINERALIZADOS

CURITIBA

2015

FLÁVIA TAQUES ROLIM DE MOURA MACHADO

ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DE CAULES FÓSSEIS MINERALIZADOS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à disciplina de Trabalho de  
Conclusão de Curso II do curso de  
Geologia da Universidade Federal do  
Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Robson Tadeu Bolzon

CURITIBA

2015

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Robson Tadeu Bolzon, que ao longo deste ano me orientou, ensinou, acompanhou e ajudou muito a construir este trabalho.

Ao Departamento de Geologia da UFPR, por permitir utilizar o Laboratório de Paleontologia.

Aos professores da Comissão do TCC, Fernando Mancini, Barbara Trzaskos e Maria Cristina de Souza, pelas sugestões, acompanhamento e atenção com todos os orientandos.

Ao Laboratório de Análise de Minerais e Rochas – LAMIR, que disponibilizou prontamente o equipamento de Microscópios e Lupas, sem os quais não teria sido possível obter as fotomicrografias aqui presentes.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Francine Kurzawe pelo empréstimo de bibliografia.

## RESUMO

No presente trabalho de conclusão de curso foram analisadas, descritas e identificadas 12 amostras de lenhos fósseis que foram retidos em operação da Polícia Federal. Os exemplares estudados provavelmente iram ser utilizados para fins comerciais e ilegais, porém foram retidos e o Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná foi designado fiel depositário, o que possibilitou a elaboração deste trabalho. Foram abordadas as questões legais acerca deste assunto e uma breve revisão de trabalhos relacionados a lenhos fósseis do Brasil. A descrição e análises da sistemática, da mineralogia e a identificação taxonômica dos fósseis permitiu relacionar os exemplares com descrições já existentes na literatura. Quanto à mineralogia, foram observadas permineralizações de sílica microcristalina, quartzo granular, calcedônia, ágata, hematita e sílica amorfa. Foram identificados quanto à taxonomia, dois caules e oito lenhos de Gimnospermas e dois caudices de Pteridophyta, sugerindo que são provenientes da Formação Motuca (TO), de idade Permiana.

Palavras-Chave: Caules fósseis. Comércio de fósseis. Formação Motuca (TO). Permiano.

## **ABSTRACT**

In this Graduation Project 12 samples of fossil woods retained in operation by the Federal Police were analyzed, described and identified. The studied specimens probably would be used for illegal commercial purposes, but were retained and transferred to the Geology Department of the Federal University of Parana as the appointed trustee, which allowed the development of this study. Legal issues on this matter and a brief review of studies related to fossil woods from Brazil are addressed. The description and analysis of systematic, mineralogy and taxonomic identification of fossils, allowed to relate specimens to the existing descriptions in the literature. As for mineralogy, microcrystalline silica permineralization was observed, granular quartz, chalcedony, agate, hematite and amorphous silica. The samples were identified as the taxonomy, two stems and eight logs of gymnosperms and two caudices of Pteridophyta, suggesting that came from Motuca Formation (TO), of Permian age.

Keywords: Fossil stems. Fossil trade. Motuca Formation (TO). Permian.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 – AMOSTRA UFPR 514 PB.....                            | 21 |
| FIGURA 2 – AMOSTRA UFPR 515 PB.....                            | 23 |
| FIGURA 3 – AMOSTRA UFPR 516 PB.....                            | 25 |
| FIGURA 4 – AMOSTRA UFPR 517 PB.....                            | 26 |
| FIGURA 5 – AMOSTRA UFPR 518 PB.....                            | 28 |
| FIGURA 6 – AMOSTRAS UFPR 519 PB E UFPR 520 PB.....             | 30 |
| FIGURA 7 – AMOSTRA UFPR 521 PB.....                            | 32 |
| FIGURA 8 – AMOSTRA UFPR 522 PB.....                            | 35 |
| FIGURA 9 – AMOSTRA UFPR 523 PB.....                            | 37 |
| FIGURA 10 – AMOSTRA UFPR 524 PB.....                           | 39 |
| FIGURA 11 – AMOSTRA UFPR 525 PB.....                           | 41 |
| FIGURA 12 – PADRÕES MICROSCÓPICOS DA AMOSTRA PB 525.....       | 43 |
| FIGURA 13 – PADRÃO DE PRESERVAÇÃO EM MOSAICO, AMOSTRA PB 515.. | 43 |
| FIGURA 14 – DESENHO ESQUEMÁTICO DE PTERIDÓFITAS.....           | 45 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....  | <b>9</b>  |
| 2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A IDENTIFICAÇÃO E TAXONOMIA DE CAULES FÓSSEIS.....                      | 9         |
| 2.2 BREVE REVISÃO DE CAULES FÓSSEIS DESCRITOS NO BRASIL .....                                   | 12        |
| 2.3 A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E O COMÉRCIO DE FÓSSEIS .....                                       | 16        |
| <b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....  | <b>19</b> |
| <b>4 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS</b> .....  | <b>20</b> |
| 4.1 AMOSTRA UFPR 514 PB (Nº ORIGINAL – 1010/10) .....   | 20        |
| 4.2 AMOSTRA UFPR 515 PB (Nº ORIGINAL 1011/10) .....   | 22        |
| 4.3 AMOSTRA UFPR 516 PB (Nº ORIGINAL 1012/10) .....   | 24        |
| 4.4 AMOSTRA UFPR 517 PB (Nº ORIGINAL 1013/10) .....   | 26        |
| 4.5 AMOSTRA UFPR 518 PB (Nº ORIGINAL 1014/10) .....   | 27        |
| 4.6 AMOSTRA UFPR 519 PB (Nº ORIGINAL 1015/10) E AMOSTRA UFPR 520 PB (Nº ORIGINAL 1016/10) ..... | 29        |
| 4.7 AMOSTRA UFPR 521 PB (Nº ORIGINAL 1008/10) .....   | 31        |
| 4.8 AMOSTRA UFPR 522 PB (Nº ORIGINAL 1017/10) .....   | 34        |
| 4.9 AMOSTRA UFPR 523 PB (Nº ORIGINAL 1020/10) .....   | 36        |
| 4.10 AMOSTRA UFPR 524 PB (Nº ORIGINAL 1021/10) .....  | 38        |
| 4.11 AMOSTRA UFPR 525 PB (Nº ORIGINAL 1018/10) .....  | 40        |
| <b>5 DISCUSSÃO</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO</b> .....  | <b>47</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>48</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Lenhos e caules fósseis são objetos de fascinação humana que pode estar relacionada à veneração que se tem às árvores vivas de hoje (VINEY, 2008). Na Internet é comum encontrar sites que promovem o comércio de fósseis lenhosos de diferentes partes do mundo (ex: [www.sticks-in-stones.com](http://www.sticks-in-stones.com)), incluindo fósseis brasileiros, apesar de ser proibido o comércio de fósseis no Brasil.

As amostras foram apreendidas pela Polícia Federal no Posto de Fiscalização do Tráfego Internacional Terrestre, na Ponte Internacional da Amizade DPF/FIG/PR, tendo recebido a identificação SETEC/PR Laudo 922/10, Memorando 8600/06-DPF/FIG/PR. Segundo a lei brasileira, Decreto-Lei 4.146 de 04 de março de 1942 e detém que os depósitos fossilíferos são propriedade da nação (BRASIL, 1942). O decreto-lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967, diz que os fósseis encontrados na superfície ou no interior da terra são de direito da nação (BRASIL, 1967). Portanto, a retirada do material sem sua devida autorização, ação de transporte para fora do país sem autorização devida, principalmente à fins comerciais e lucrativos, configuram contrabando, pela lei nº13.008 de 26 de junho de 2014, que dá nova redação ao art.334 do Decreto-Lei nº 2848, de 7 de dezembro de 1940 – Código Penal, onde acrescenta o art. 334-A (BRASIL, 2014). A pena para este crime é de 2 a 5 anos de reclusão. Por isso, ao tentar sair do Brasil com os fósseis, a Polícia Federal impediu a ação recolhendo as amostras e designando o Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná para ser fiel depositário. Havia mais amostras fósseis junto com as 12 descritas neste trabalho, porém não se tratavam de lenhos fósseis, sendo assim, para focar em um assunto ou área específica, estas amostras foram preteridas e apenas as amostras de lenhos fósseis foram estudadas, descritas e analisadas neste trabalho. Os exemplares possuem procedência desconhecida.

A identificação taxonômica de caules fósseis possui importância para o reconhecimento do grupo botânico a qual pertence e poderá ter relação com a idade e/ou a importância bioestratigráfica, ecológica, climática e ambiental. Essa identificação possibilita a comparação com os fósseis já descritos em outras unidades litoestratigráficas, ou seja, somente com a análise, descrição e identificação é possível relacionar os exemplares que estão sendo estudados com



os que já foram descritos. A sistemática permite correlacionar não os indivíduos, mas os grupos taxonômicos a que pertencem. Assim, cada grupo taxonômico possui características ou necessidades ambientais, climáticas e ecológicas e a identificação dos fósseis possibilita a relação com as informações dos grupos taxonômicos atuais a fim de relacionar com o passado (BOLZON, 2012).

Identificar um caule fóssil e o que seria lenho fóssil requer análise dos tecidos e também aqueles das folhas para relacionar com as estruturas morfológicas e anatômicas que uma árvore possui.

As primeiras evidências de caules e lenhos fósseis são encontradas em rochas do Devoniano, tendo o registro se diversificado e ampliado com as florestas que existiram no Carbonífero e Permiano. Os registros continuam nas eras Mesozoica e Cenozoica documentando as mudanças que ocorreram nas floras e refletem os estágios da evolução dos grupos vegetais.

O objetivo principal do trabalho foi analisar e identificar os caules e lenhos fósseis de procedência desconhecida que foram apreendidos em operação da Polícia Federal e entregues ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná como fiel depositário. Foram descritas considerações gerais sobre a identificação e a taxonomia de caules fósseis, um breve levantamento das ocorrências destes caules no Brasil e aspectos da Legislação Brasileira e o Comércio de fósseis. A morfologia dos lenhos fósseis foi descrita, sua anatomia e morfologia analisadas e comparadas com outros já descritos na literatura, e, por último, sua posição taxonômica foi identificada. Ao final, com base na identificação da sistemática, foi discutida a procedência do material, bem como sua idade.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A IDENTIFICAÇÃO E TAXONOMIA DE CAULES FÓSSEIS

A identificação de caules fósseis requer a análise do material segundo os planos anatômicos transversais e longitudinais (tangencial e radial). Essa orientação dos cortes é necessária para observar os componentes celulares e estruturas celulares faciais nas três dimensões (BOLZON, 2011).

Em geral, o corte transversal possibilita identificar alguns táxons das Divisões Lycophyta, Sphenophyta e, em especial nas Pteridophyta que apresentam uma ampla variedade anatômica desde protostélicos a dictiosteles complexos (TAYLOR *et al.*, 2009).

Os caules que apresentam xilema secundário requerem a análise de lâminas delgadas em microscopia ótica, que é o método mais utilizado na observação e na descrição (BOLZON, 2011). Nesses caules, a distinção entre as características estruturais e os componentes da medula e xilema primário e secundário são importantes para diferenciar e identificar taxonomicamente os fósseis (MUSSA, 1986). A seção transversal mostra os formatos dos traqueídeos que podem ser poligonais, quadrangulares ou hexagonais. As células de raios nesse plano anatômico são longitudinais sendo alongadas e dispostas no eixo radial. Na seção radial, os traqueoides aparecem como células alongadas e podem apresentar pontuações. Nessa seção também pode ser observado o número de células dos raios, mas a sua espessura é verificada no plano tangencial (TAYLOR *et al.*, 2009).

Conforme Taylor *et al.*, (2009) a nomenclatura de plantas fósseis segue um sistema artificial de classificação, pois em sua maioria, os fósseis representam partes desarticuladas de plantas. Nomes de gêneros são usados para designar partes de raízes, caules completos e/ou apenas exemplares constituídos de xilema secundário. Em alguns casos, os autores optam pelo acréscimo do sufixo “*xylon*” nas diagnoses ou descrições de fósseis com características anatômicas, às vezes parciais, de espécies de gêneros atuais (TAYLOR *et al.*, 2009).

A sistemática de caules fósseis mineralizados de plantas segue o Código Internacional de Nomenclatura para algas, fungos e plantas (MCNEILL, 2012). No

código, um táxon-fóssil compreende restos de uma ou mais partes de um organismo, um ou mais estágios de vida, ou ainda um ou mais estágios de preservação, como indicado na diagnose ou descrição original ou subsequente. Portanto, o Código permite o uso de diferentes nomes para táxons-fósseis que representam partes, fases, ciclo de vida ou estado de preservação que pode ter sido um único táxon de planta ou até mesmo um único indivíduo.

Os caules mineralizados de grande porte (centimétricos) apresentam o primeiro registro no período Devoniano. Esses caules são de grupos vegetais que começaram a apresentar aumento de tamanho, indicando uma tendência evolutiva para o hábito arbóreo, e incluem representantes de Lycophyta, Sphenophyta, Pteridophyta e Progymnospermophyta (TAYLOR *et al.*, 2009). É com as Progymnospermophyta e depois com as Pteridospermophyta que se registra o crescimento secundário, ou seja, o crescimento do xilema secundário bifacial que corresponde ao lenho. Embora os primeiros registros de lenhos sejam do final do Devoniano, é no Carbonífero que eles tornam mais comuns nas floras. No Permiano, surge um novo grupo capaz de produzir lenhos, as Ginkgophytas. Porém, durante o Permiano os caules permineralizados correspondem principalmente às Pteridospermophyta e as Pteridophyta arborescentes. Somente no Cretáceo surge o último grupo vegetal a produzir caules com estruturas celulares diferentes (os vasos): Dicotiledôneas (ou folhosas) e as Monocotiledôneas (ex. as Palmeiras), pertencentes ao grupo das Angiospermas (SELMEIER, 1996; WILLIS; KENRICK; DAVIS, 2004 e TAYLOR *et al.*, 2009).

Taylor *et al.*, (2009) afirmam que o padrão de maturação do xilema primário e sua localização em relação ao metaxilema possibilitam reconhecer alguns caules de grupos de plantas. A tabela a seguir (TABELA 1) relaciona os tipos de xilema primário e os grupos taxonômicos.

| <b>Xilema primário</b> | <b>Grupos taxonômicos</b>   |
|------------------------|---|
| Exarco                 | Raízes e em grupos basais, como Lycophyta   |
| Centrarco              | Encontrado em plantas do Período Devoniano como: Rhyniophyta, Zosterophyllophyta e Trimerophytrophyta |
| Mesarco                | Presente em algumas Pteridophyta  |
| Endarco                | Ocorre na maioria das plantas com sementes  |

TABELA 1 - PADRÕES DE MATURAÇÃO DO XILEMA PRIMÁRIO E RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS GRUPOS TAXONÔMICOS (ELABORADO A PARTIR DE TAYLOR *et al.* 2009).

O estele típico das plantas com sementes ou grupos “gimnospermicos” é o eustele (TAYLOR *et al.*, 2009). Os caules de Progymnospermophyta, como em *Callixylon* são eustélicos com medula central circundada por anel de xilema primário mesarco e os raios são unisseriados. Em Cycadophyta, o xilema secundário é um cilindro estreito do tipo manoxílico com traqueídeos de parede fina e raios longos (TAYLOR *et al.*, 2009).

No registro fóssil, são raros os caules de Ginkgophyta (um exemplo é *Ginkgoxylon*), que apresentam xilema secundário composto de traqueídeos com paredes finas e raios estreitos e as pontuações das paredes dos traqueídeos são circulares e restritas às paredes radiais.

Na Ordem Cordaitales, o xilema secundário consiste apenas de traqueídeos e raios com altura variável e ausência de células de parênquima axial e canais resiníferos. Os raios são delgados e os traqueídeos exibem pontuações uni e bisseriadas similares às encontradas nas Coniferales. Os raios são, em geral, unisseriados, mas algumas espécies possuem raios lenhosos bisseriados. Fragmentos isolados de fósseis com essas características eram comumente denominados *Dadoxylon*.

Segundo Taylor *et al.*, (2009), a maioria dos caules fósseis da Divisão Coniferophyta são atribuídos a Família Araucariaceae e referidos como *Agathoxylon*, pois *Araucarioxylon* é um complexo e seu uso não é recomendado pois são nomenclaturas que eram comuns, porém hoje em dia estas denominações não são mais utilizadas. As características do táxon fóssil inclui xilema secundário com traqueídeos de pontuações areoladas unisseriadas e multisseriadas nas paredes

radiais, raios lenhosos unisseriados ausência de células de parênquima axial e canais resiníferos, (TAYLOR *et al.*, 2009).

Os fósseis do Devoniano ao Holoceno, com anatomia semelhante aos lenhos atuais de *Araucaria* representam grande diversidade de plantas, integrando grupos basais da Divisão Pteridospermophyta incluindo as Glossopteridales, Cordaitales, as Coníferales primitivas, e a Família Araucariaceae (RÖßLER *et al.*, 2014).

O trabalho de Rößler *et al.*, (2014) discute o uso de *Dadoxylon*, *Araucarioxylon* e *Agathoxylon* das madeiras fósseis com características de *Araucaria*. A pesquisa realizada pelos autores na comunidade de anatomistas de lenhos fósseis indicou que apenas nome genérico *Agathoxylon* deve prevalecer para lenhos fósseis semelhantes à *Araucaria*, com ou sem parênquima axial.

## 2.2 BREVE REVISÃO DE CAULES FÓSSEIS DESCRITOS NO BRASIL

No Brasil são conhecidas algumas unidades geológicas e formações do Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico com abundante e diversificada de caules e lenhos fósseis mineralizadas. Nessa revisão são apresentados caules fósseis encontrados nas Bacias do Paraná, Parnaíba, Araripe e Acre.

Na Bacia do Paraná são descritos fósseis de caules permineralizados em unidades litoestratigráficas do Permiano e do Triássico. No Permiano existem citações para as Formações Palermo, Rio Bonito, Irati e Serra Alta (MUSSA, 1974, 1978 (2), 1980, 1982 e 1986 (2); MERLOTTI, 1989, 1998 (2), 1999, 2000, 2002, 2009; MERLOTTI; KURZAWA 2006). Segundo Merlotti e Kurzawe (2011), a maior parte dos lenhos fósseis descritos de Gymnospermopsidas na Bacia do Paraná provém de níveis da Formação Irati (Permiano Médio), aflorantes no estado de São Paulo e, em menor proporção, das Formações Rio Bonito (Permiano Inferior) e Serra Alta (Permiano Superior), dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Também são encontrados caules de filicíneas ou fetos arborescentes permineralizados, atribuídos a Marattiales, relativamente raros na Bacia do Paraná, sendo os principais registros provindos da Formação Corumbataí (Permiano Superior, Grupo Passa Dois), com raros relatos na Formação Tatuí (Permiano

Inferior, Grupo Guatá) localizados no Estado de São Paulo, e a primeira com unidades coevas nos estados da região Sul, ou depósitos permianos no Uruguai e Paraguai (TAVARES *et al.*, 2011). Ainda segundo Tavares *et al.*, (2011), a Bacia do Parnaíba possui um registro de caules filicíneas mais significativo em termos de espécies e quantidades de fósseis.

A tabela abaixo apresenta os gêneros descritos para a Formação Irati da Bacia do Paraná, segundo Guerra-Sommer *et al.*, (2014).

| <b>Esteles</b>   | <b>Formação Irati<br/>(Bacia do Paraná)</b>  |
|--|--|
| Complexo <i>Vertebraria</i>                                | <i>Vertebraria</i><br><i>Torosoxyton</i><br><i>Myelontorodoxyton</i><br><i>Torodoxyton</i>   |
| Complexo <i>Solenoides</i> (com tecido esclerenquimático)  | <i>Ductosolenoxyton</i><br><i>Barakaroxyton</i><br><i>Solenopitys</i><br><i>Polysolenoxyton</i><br><i>Petalopitys</i><br><i>Solenobrasilioxyton</i><br><i>Atlanticoxyton</i>               |
| Medula maciça (com tecido esclerenquimático)               | <i>Taxopitys</i><br><i>Antarticoxyton</i><br><i>Taeniopitys</i><br><i>Kaokoxyton</i><br><i>Brasilestiloxyton</i><br><i>Kraeuselpitys</i><br><i>Abietopitys</i><br><i>Protopodocarpitys</i> |
| Medula diafragmada/lacunosa (com tecido esclerenquimático) | <i>Australoscleromedulloxyton</i><br><i>Paulistoxyton</i><br><i>Paranaseptoxyton</i><br><i>Corticoxyton</i><br><i>Piracicaboxyton</i><br><i>Septomedulloxyton</i>                          |

TABELA 2 - GÊNEROS DE EUSTELES DESCRITOS PARA A FORMAÇÃO IRATI (GUERRA-SOMMER *et al.*, 2014).

No Triássico existem abundantes lenhos fossilizados no Rio Grande do Sul, que tem levado ao reconhecimento das “Florestas Petrificadas”, documentando a existência de lenhos fósseis desde o século XIX, em 1880 por Avé-Lallemant, e posteriormente por Isabelle em 1883 (BARDOLA, 2011). Ainda segundo essa autora, as ocorrências de troncos mineralizados na região sul do Brasil foram

registradas por White em 1908, e posteriormente denominadas e identificadas a presença de lenhos fósseis na região de Santa Maria.

Os caules silicificados do Mesozoico do Estado do Rio Grande do Sul tem registro mais expressivo nos municípios de São Pedro do Sul, Mata e Santa Maria (BOLZON *et al.*, 2004), que analisou lenhos de Coniferophyta, onde a sílica penetra e precipita nas estruturas celulares do lenho em determinado momento da fossilização, ocorrendo na forma microcristalina, opala, calcedônia e megacristais de quartzo, o último ocorrendo em fraturas e em regiões onde o tecido lenhoso tenha sido destruído.

Estudos recentes indicam que estes lenhos silicificados estão associados a três diferentes unidades estratigráficas, que afloram ao longo da Depressão Periférica do Rio Grande do Sul: Formação Santa Maria, Formação Caturrita e Arenito Mata, e considerando as associações de lenhos permineralizadas destes sítios paleontológicos, pode-se observar o domínio de planos lenhosos gimnospérmicos (SOMMER; SCHERER, 2000).

Existem estágios de alterações das estruturas celulares que em alguns exemplares, quando ocorrem, as alterações podem indicar diferentes intervalos de tempo, já em outros exemplares podem ser contemporâneos, podendo neste último, o tecido lenhoso apresenta-se como um mosaico de células de diferentes categorias de preservação (BOLZON *et al.*, 2004).

A Bacia do Parnaíba possui um registro bastante significativo e abundante de caules filicíneos. A Formação Motuca do Permiano apresenta importante registro de troncos de madeiras silicificadas, preservadas *in situ* (SANTOS; CARVALHO, 2009), o caule fóssil *Psaronius brasiliensis*, coletada entre 1817 e 1820 pelo botânico Martius e descrita por Brongniart em 1827, foi o primeiro fóssil vegetal do Brasil a ser mencionado na literatura, posteriormente documentado por Dolianiti em 1948.

A presença de troncos fossilizados no Tocantins foi registrada pela primeira vez na literatura científica por Plummer em 1948, que descreveu troncos pertencentes ao gênero *Psaronius* e atribuiu a preservação destes à intensa precipitação de soluções ricas em sílica (MARTINS *et al.*, 2010). Os lenhos fósseis do Permiano da Bacia do Parnaíba foram estudados por autores, como Coimbra e

Mussa (1984); Mussa e Coimbra (1987) e Capretz (2010). Coimbra e Mussa (1984) destacaram a presença de Psaroniaceae e descreveram famílias diferentes, representadas por Calamitaceae, Cordaitaceae e o grupo com caracteres de Cordaitaceae e Taxaceae.

Posteriormente Mussa e Coimbra (1987) descreveram novas formas referentes aos gêneros *Cyclomedulloxylon* e *Cycadoxylon*, e compararam tafofloras das bacias do Parnaíba e do Paraná, por meio de espécimes dos gêneros *Tietea*, *Cyclomedulloxylon*, *Cycadoxylon* e *Araguainorachis*. Levando-se em conta os estudos de Herbst (1999), Rößler & Galtier (2002a; 2002b; 2003) e Rößler (2006), a Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional está representada por uma paleoflora relativamente bem diversificada em que dominam as samambaias arborescentes Marattiales, tais como *Tietea singularis*, *T. derby*, *Psaronius brasiliensis* e *P. sinuosus* (*Tietea* é o gênero mais abundante).

Segundo Capretz (2010), a flora ainda é composta de outros tipos de samambaias, além de diferentes espécies de esfenófitas arborescentes, como a *Arthropitys sp.* e *Arthropitys cacundensis*, esfenófitas herbáceas, como *Sphenophyllum sp.* e vários troncos pertencentes às gimnospermas, como *Dadoxylon sp.* Ainda segundo Capretz (2010), as Pteridophyta arborescentes e as gimnospermas dominavam as florestas do Eopermiano da Bacia do Parnaíba, e as diferenças climáticas entre a Bacia do Parnaíba e a Bacia do Paraná parecem responder em partes as questões sobre diferenças na composição de duas floras no Eopermiano (KURZAWA *et al.*, 2013 (2))

A Bacia Sedimentar do Araripe, conhecida mundialmente pelos seus fósseis, possui um excelente e bem diversificado registro de fauna e flora. Segundo Lima *et al.*,(2012), as gimnospermas, angiospermas, fetos e outros componentes menos abundantes como licófitas e esfenófitas compõem a macroflora da Bacia do Araripe, sendo as gimnospermas o grupo mais abundante. Afirmam ainda, que de acordo com os registros, a Formação Crato (Cretáceo) possui o maior número de descrições, além de ser bem mais diversificada que as Formações Romualdo (Cretáceo) e Missão Velha (Jurássico), onde são encontrados os lenhos fósseis. Pires e Guerra-Sommer (2008) analisaram lenhos fósseis silicificados de coníferas da Formação Missão Velha, relacionado à interação planta-artrópode e puderam



identificar os padrões de danos que insetos perfuradores produziram nos lenhos fósseis obtendo informações paleoecológicas.

No Cenozoico foram descritos e estudados fósseis lenhosos da Bacia do Acre, na Formação Solimões (MACHADO *et al.*, 2012), e em Uruguaiana (RS) (BOLZON; OLIVEIRA, 2000); (BOLZON; MARCHIORI, 2002); (BOLZON *et al.*, 2004). Segundo Machado *et al.*, (2012), que analisaram lenhos fósseis coletados da Formação Solimões, as características anatômicas dos exemplares indicam afinidades botânicas com as famílias Fabaceae, Caesalpinioideae, Lythraceae e Myrtaceae. Os exemplares que foram analisados pelos autores citados, encontram-se permineralizados, sendo a sílica o principal mineral constituinte dos lenhos. Também são observadas inclusões de óxidos de ferro e matéria orgânica residual, tendo diferentes graus de preservação celular, resultantes dos processos tafonômicos ocorridos antes e após o sepultamento.

### 2.3 A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E O COMÉRCIO DE FÓSSEIS

O Decreto-Lei 4.146 de 04 de março de 1942 (BRASIL, 1942) indica que os depósitos fossilíferos como propriedade da Nação:

Dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos  
O **Presidente da República**, usando da atribuição que lhe confere o art. 180 da Constituição:

DECRETA:

Art. 1º Os depósitos fossilíferos são propriedade da Nação, e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende de autorização prévia e fiscalização do Departamento Nacional da Produção Mineral, do Ministério da Agricultura.

Parágrafo único. Independem dessa autorização e fiscalização as explorações de depósitos fossilíferos feitas por museus nacionais e estaduais, e estabelecimentos oficiais congêneres, devendo, nesse caso, haver prévia comunicação ao Departamento Nacional da Produção Mineral. (BRASIL, 1942).

No decreto-lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967, (BRASIL, 1967), artigo 3º, I, que dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas), estabelece que os fósseis encontrados na superfície ou no interior da terra são de direito da nação:

## CÓDIGO DE MINERAÇÃO

### CAPÍTULO I

#### Das Disposições Preliminares

Art 3º Este Código regula:

I - os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra formando os recursos minerais do País. (BRASIL, 1967).

Essa proteção é ainda reafirmada na Constituição Federativa do Brasil (BRASIL, 1988) no artigo 216, V, em que os sítios de valor paleontológico são considerados patrimônio cultural brasileiro:

Art. 216. Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à referentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. (BRASIL, 1988).

A retirada do material sem sua devida autorização, ação de transporte para fora do país sem autorização devida, principalmente para fins comerciais e lucrativos, configuram contrabando, pela lei nº 13.008 de 26 de junho de 2014 (BRASIL, 2014), que dá nova redação ao art.334 do Decreto-Lei nº 2848, de 7 de dezembro de 1940 – Código Penal, onde acrescenta o art. 334-A:

Art. 1º O Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940 - Código Penal, passa a vigorar com as seguintes alterações: “Contrabando”

Art. 334-A. Importar ou exportar mercadoria proibida:

Pena - reclusão, de 2 (dois) a 5 ( cinco) anos.

§ 1º Incorre na mesma pena quem:

I - pratica fato assimilado, em lei especial, a contrabando;

II - importa ou exporta clandestinamente mercadoria que dependa de registro, análise ou autorização de órgão público competente;

III - reinsere no território nacional mercadoria brasileira destinada à exportação.

IV - vende, expõe à venda, mantém em depósito ou, de qualquer forma, utiliza em proveito próprio ou alheio, no exercício de atividade comercial ou industrial, mercadoria proibida pela lei brasileira;

V - adquire, recebe ou oculta, em proveito próprio ou alheio, no exercício de atividade comercial ou industrial, mercadoria proibida pela lei brasileira.

§ 3º A pena aplica-se em dobro se o crime de contrabando é praticado em transporte aéreo, marítimo ou fluvial. (BRASIL,2014)

A extração de fósseis é definida pela portaria nº 542, de 18 de dezembro de 2014, que define e estabelece procedimentos para autorização e comunicação prévia para a extração de fósseis (DNPM, 2014):

Art. 2º Para efeito desta Portaria entende-se por:

I – fóssil: resto, vestígio ou resultado da atividade de organismo que tenha mais de 11.000 anos ou, no caso de organismo extinto, sem limite de idade, preservados em sistemas naturais, tais como rochas, sedimentos, solos, cavidades, âmbar, gelo e outros, e que sejam destinados a Museus, Estabelecimentos de Ensino e outros fins científicos;

II – depósito fossilífero: qualquer sistema natural que contenha um ou mais fósseis;

III – extração de fóssil: coleta de qualquer fóssil encontrado na superfície, no subsolo, nas cavidades naturais ou nos meios aquáticos, com uso ou não de ferramenta, para fins científicos ou didáticos, sem finalidade econômica;

[...]

Art. 3º A extração de espécimes fósseis no território nacional depende de autorização prévia e está sujeita à fiscalização do DNPM.

Parágrafo único. Independe dessa autorização e fiscalização a extração de fósseis em depósitos fossilíferos feita por museus nacionais e estaduais, e estabelecimentos oficiais congêneres, devendo, nesse caso, haver prévia comunicação ao DNPM;

Art. 4º Serão objeto de autorização ou comunicação de extração de fósseis:

I – atividades relacionadas a projetos técnicos de salvamento paleontológico ou projetos científicos;

II – atividades de caráter científico, técnico ou didático.

Parágrafo único. É vedada a outorga de autorização para extração de fósseis com o propósito específico de comercialização dos fósseis extraídos. (DNPM, 2014)

Portanto, a Legislação Brasileira é restritiva quanto ao comércio de fósseis de todo o tipo, sendo tratada como crime.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras do laudo 922/10 foram registradas na Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia, com números UFPR 514 Pb a UFPR 525 Pb.

A observação das amostras em lupa permitiu analisar as principais características morfológicas, os aspectos de preservação e a mineralização. Nesta fase também foram selecionadas as áreas específicas para realização de fotomicrografias.

Foram obtidas fotografias macroscópicas das amostras, com Câmera Sony Cyber-shot de 5MP. Cada amostra foi descrita com relação à morfologia; identificado o plano anatômico do corte das amostras, espessura de corte, diâmetro e comprimento da amostra; se tiveram algum tipo de acabamento ou desgaste não natural da amostra (ex.: polimento); variação de coloração; presença de fraturas com e sem mineralizações; detalhes como presença de ramos (nós) e medula; e presença, tipo e tamanho dos cristais.

As amostras foram analisadas, descritas em microscópio ótico do Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR), permitindo a caracterização da morfologia dos tecidos vegetais, incluindo aspectos de preservação e fossilização, mostrando também detalhes da mineralização e fraturamento. Os detalhes observados foram fotografados com máquina acoplada em lupa Zeiss no Laboratório LAMIR.

Os dados obtidos da análise e descrição foram relacionados com a literatura, comparando os exemplares em estudo com outros anteriormente descritos.

Com base nos resultados obtidos foi discutido sobre o provável local de coleta do material, e quais as unidades litoestratigráficas correspondentes, bem como sua idade.

## 4 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

As 12 amostras que incluíram caules e lenhos fósseis foram analisadas e descritas em detalhe e os resultados obtidos apresentados a seguir.

### 4.1 AMOSTRA UFPR 514 PB (Nº ORIGINAL – 1010/10)

Descrição macroscópica: fragmento lenhoso com corte transversal polido. Os demais planos foram resultado de quebras e fraturas. Apresenta coloração cinza claro a escuro, com áreas levemente avermelhadas. Ausência de ramos (nós) e medula. Observam-se anéis de crescimento presentes, mas interrompidos por fraturas que, às vezes, seguem os planos tangenciais e radiais.

Descrição tafonômica e mineralógica: apresenta coloração amarelada na área mais externa atribuída a presença de óxido de ferro (hematita). Possui uma fratura na região central, que segue o eixo radial e tangencial-oblínquo, preenchida por sílica microcristalina e quartzo amorfo (FIGURA 1b). Algumas das áreas interpretadas em macroscopia como anéis de crescimento são na realidade fraturas tangenciais preenchidas por óxidos (FIGURA 1c). Ocorrem também fraturas não mineralizadas. Tecido lenhoso homogêneo sem células torcidas, rompidas ou compactadas. As alterações do tecido lenhoso são decorrentes das fraturas e microfraturas. A amostra pode ter sido retrabalhada, pois o óxido de ferro que ocorre na região externa penetra nas fraturas, tingindo o tecido lenhoso.

Descrição anatômica e microscópica: lenho secundário picnoxílico, homoxílico, com anéis de crescimento indistintos, sendo ausente a variação entre as células do lenho inicial e tardio. Traqueídeos de formato ovalado de dimensões variadas com paredes preservadas de coloração diferente do interior celular (lúmen) preenchidas por sílica (marrom) (FIGURA 1d). Células de parênquima radial de mesma coloração das paredes dos traqueoides.

Identificação taxonômica: a amostra corresponde a apenas uma fração externa de xilema secundário de Gimnosperma.

Dimensões: 10,5 cm de diâmetro e entre 10 e 11 cm de altura/espessura (FIGURA 1a).

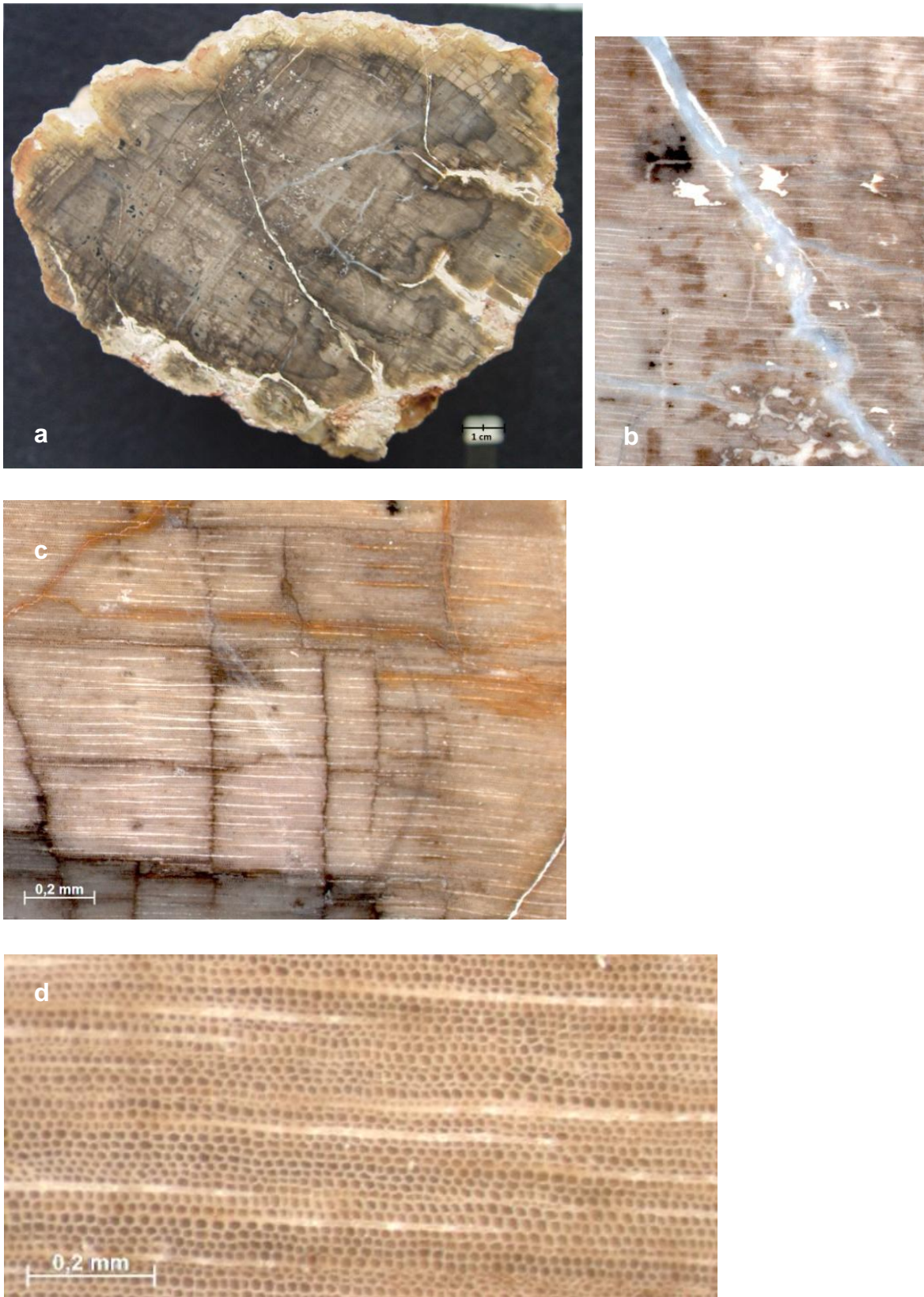


FIGURA 1 a), b),c) e d) – EXEMPLAR UFPR 514 PB. a) FRAGMENTO LENHORO COM MUITAS FRATURAS. b) FRATURA PREENCHIDA POR QUARTZO AMORFO. c) PADRÃO DE MICROFRATURAS RADIAIS E TANGENCIAIS. d) TRAQUEÍDEOS E CÉLULAS DE PARÊNQUIMA RADIAL PRESERVADAS

#### 4.2 AMOSTRA UFPR 515 PB (Nº ORIGINAL 1011/10)

Descrição macroscópica: fragmento lenhoso com dois cortes, sendo um longitudinal radial oblíquo e um transversal, com duas faces cortadas, sendo uma delas polida. Os demais planos resultam de quebras e desgaste. Possui coloração preta, cinza, e em menor proporção castanho avermelhado e branco. Ausência de ramos (nós) e medula. Sugestões de anéis de crescimento, mas pouco distintos devido às fraturas e a preservação da amostra.

Descrição tafonômica e mineralógica: coloração amarelada na região central no plano transversal da amostra. Possui sílica microcristalina em fraturas longitudinais. Microfraturas também presentes (FIGURA 2b). As células ocorrem levemente torcidas e compactadas. Apresentam fraturas transversais, longitudinais e diagonais não preenchidas. A preservação do tecido lenhoso é heterogênea com as células mais evidentes nas áreas onde a coloração está mais homogênea.

Descrição anatômica e microscópica: lenho secundário picnoxílico, homoxílico, com anéis de crescimento indistintos, sendo ausente a variação entre as células do lenho inicial e tardio, alterado pelas fraturas. Traqueídeos ovalados e alongadas (devido ao corte oblíquo da amostra) (FIGURA 2c). Apresenta pontoações areoladas unisseriadas a trisseriadas alternas nas paredes radiais. Os campos de cruzamento sugerem presença de pequenas pontoações. Os raios são homogêneos e tem poucas células de altura (os poucos observados variam de 4 a 10 células).

Identificação taxonômica: o fragmento é parte do xilema secundário de Gimnosperma.

Dimensões: 18 cm de comprimento, 13,5 cm de altura e entre 3 e 4 cm de espessura (FIGURA 2a).

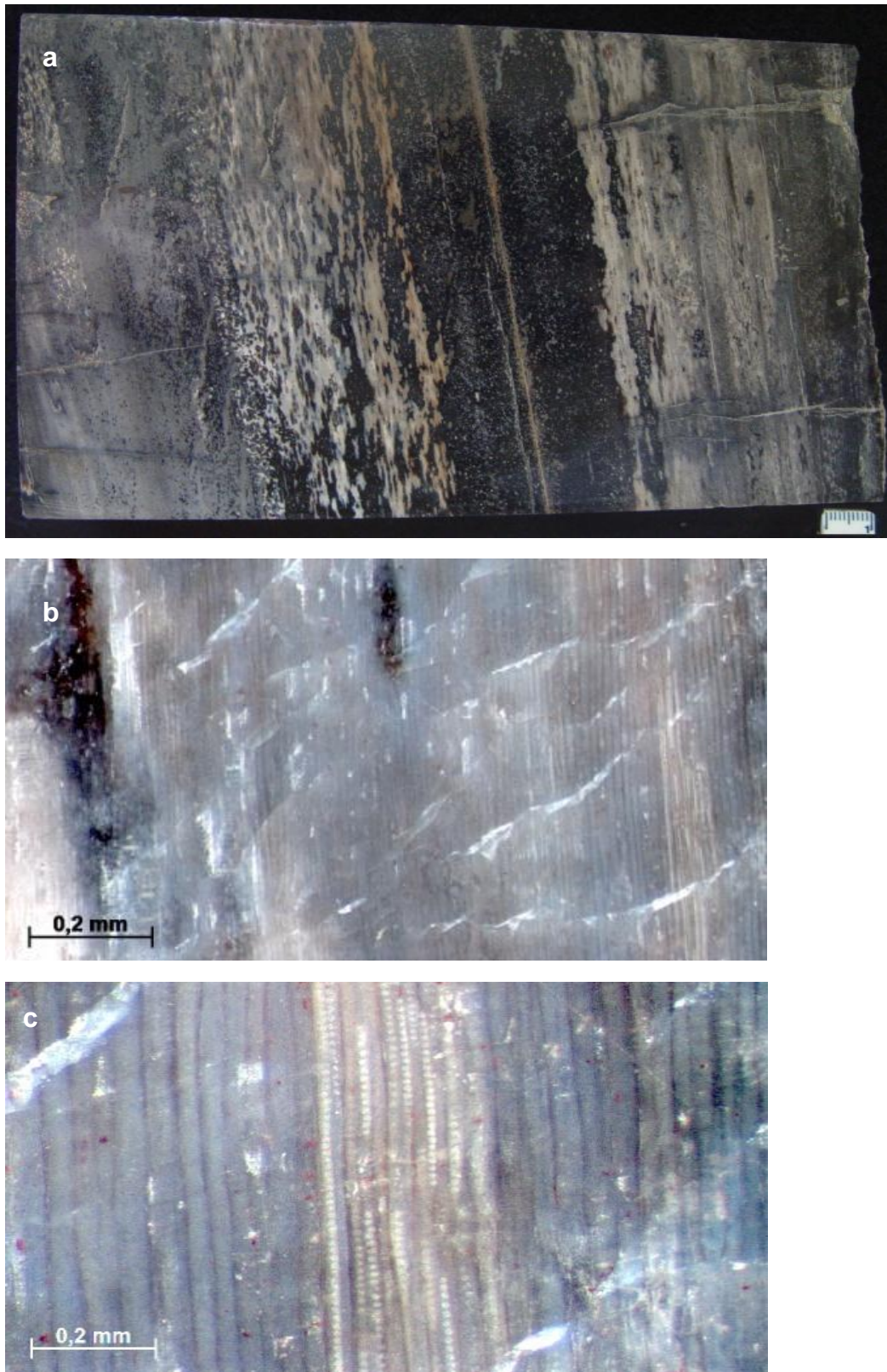


FIGURA 2 a), b) e c) - AMOSTRA UFPR 515 PB COM SEÇÃO LONGITUDINAL. a) FRATURAS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS PREENCHIDAS. b) MICROFRATURAS NÃO PREENCHIDAS E TRAQUEÍDEOS COM PAREDES PRESERVADAS. c) PAREDES RADIAIS DOS TRAQUEÍDEOS COM PONTUAÇÕES UNISSERIADAS.



#### 4.3 AMOSTRA UFPR 516 PB (Nº ORIGINAL 1012/10)

Descrição macroscópica: fragmento de cáudice (caule) de Pteridophyta com duas faces cortadas transversalmente, sendo uma face polida, e outra face longitudinal resultante de quebra do material. Medula parcialmente preservada, alongada e sinuosa. Possui coloração preta, cinza e em menor proporção castanho avermelhada. Apresenta fraturas sem um padrão específico, podendo ser causada pela alteração de minerais.

Descrição tafonômica e mineralógica: presença de matriz arenosa na superfície externa e predomínio de sílica microcristalina com alguns feixes preenchidos por cristais (FIGURA 3b). Ocorrem fraturas longitudinais permineralizadas por toda a amostra.

Descrição anatômica e microscópica: apresenta estelo e manto radicular e feixes vasculares de formas variáveis: circulares, anastomosados e sinuosos (região central da amostra) (FIGURA 3c). A preservação da amostra não é boa, estando mais fraturada na parte central.

Identificação taxonômica: caudice da Divisão Pteridophyta, Ordem Marattiales, Família Psaroniaceae, Gênero *Psaronius* sp.

Dimensões: diâmetro de 13 cm por 11,5 cm, e entre 6,5 a 7 cm de altura/espessura (FIGURA 3a).

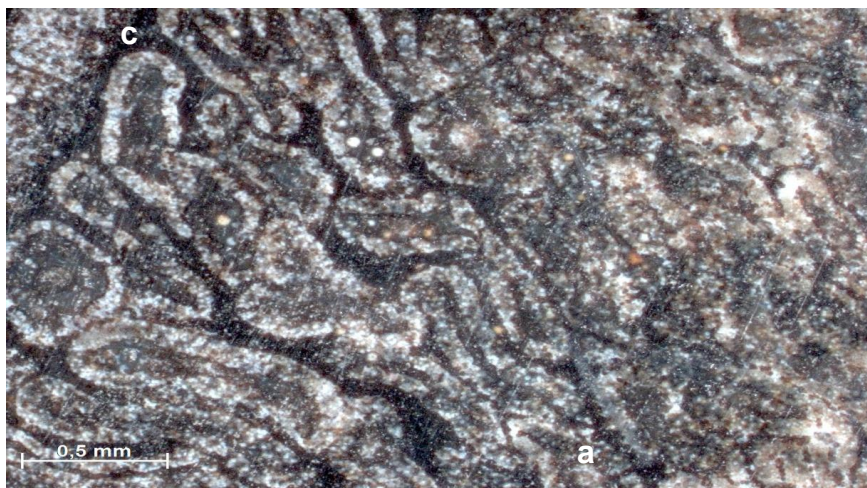
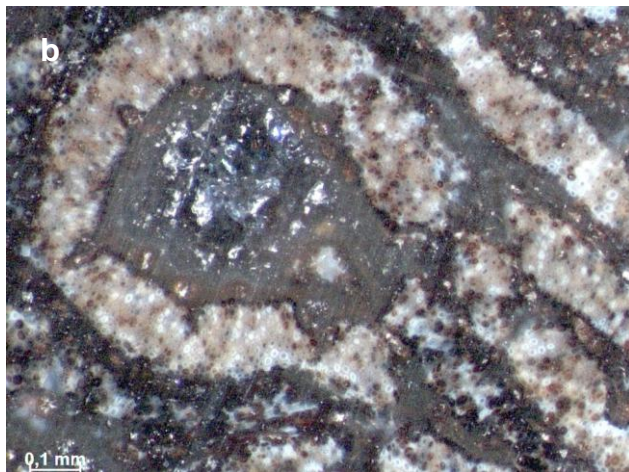
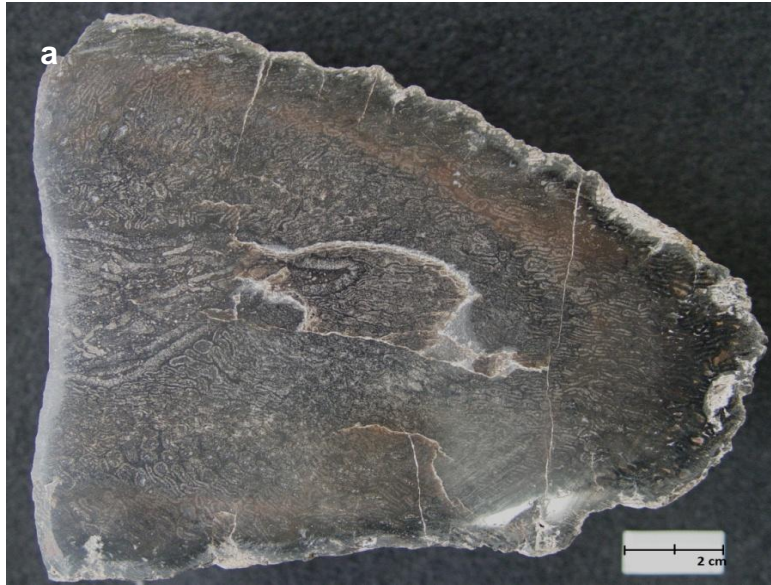


FIGURA 3 a), b) e c) – EXEMPLAR UFPR 516 PB SEÇÃO TRANSVERSAL FACE POLIDA. a) ESTELO E MANTO RADICULAR. b) DETALHE DE FEIXE PREENCHIDO POR SÍLICA c) DETALHE DE FEIXES VASCULARES COM FORMAS ALONGADAS E SINUOSAS.

#### 4.4 AMOSTRA UFPR 517 PB (Nº ORIGINAL 1013/10)

Descrição macroscópica: fragmento lenhoso com dois cortes longitudinais radiais polidos e um transversal. Os demais planos resultam de quebra e desgaste da amostra. Possui coloração preta, laranja, avermelhada, branca e cinza, A amostra não possui ramos (nós) nem medula, apenas anéis de crescimento indistintos, com mau estado de preservação.

Descrição tafonômica e mineralógica: apresenta coloração variada, que reflete má preservação do tecido lenhoso. Ocorrem fraturas transversais recentes não mineralizadas, e fraturas longitudinais preenchidas por mineralização de quartzo hialino, calcedônia e ágata.

Descrição anatômica e microscópica: lenho secundário picnoxílico, homoxílico, com anéis de crescimento indistintos, sendo ausente a variação entre as células do lenho inicial e tardio. Traqueídeos com formato ovalado e alongado.

Identificação taxonômica: o fragmento é parte do xilema secundário de Gimnosperma.

Dimensões: 21,5 cm de comprimento, entre 13,5 e 12 cm de largura e entre 2 e 2,5 cm de espessura (FIGURA 4).



FIGURA 4 – AMOSTRA UFPR 517 PB. SEÇÃO LONGITUDINAL, FACE POLIDA MOSTRANDO FRATURAS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS PREENCHIDAS.

#### 4.5 AMOSTRA UFPR 518 PB (Nº ORIGINAL 1014/10)

Descrição macroscópica: fragmento lenhoso com duas faces cortadas no plano transversal oblíquo, polidos em ambas as faces, e um corte longitudinal com uma face quebrada. Possui coloração preta, cinza, e em menor proporção coloração vermelha e branca. Apresenta anéis de crescimento distintos, com ausência de ramos (nós) e medula.

Descrição tafonômica e mineralógica: a mineralização da amostra apresenta coloração diferente, constituindo áreas escuras alternadas com claras, com qualidade de preservação distinta, sendo as áreas de coloração mais escuras e avermelhadas tingidas por óxido de ferro. Apresenta fraturas longitudinais radiais e tangenciais não mineralizadas, e quando preenchidas, ocorre sílica em bandas (calcedônia), com formação de cristais de quartzo hialino no centro (FIGURA 5b). Presença de células compactadas e por vezes rompidas. As áreas mais avermelhadas que foram tingidas por óxido de ferro apresentam células mais evidentes. A preservação da amostra é heterogênea. Em regiões mais externas da amostra ocorrem alterações do tecido lenhoso, ocasionadas pela mineralização, que podem ser confundidos com anéis de crescimento em observação macroscópica. O tecido lenhoso ocorre interrompido por minerais de diferentes texturas e coloração. Na região central, a preservação é ruim, não sendo possível definir a ocorrência de medula, e quando visíveis, as células são do xilema secundário. A preservação é em mosaico, indicando diferentes fases de mineralização (Bolzon *et al.*, 2004).

Descrição anatômica e microscópica: lenho secundário picnoxílico, homoxílico, com anéis de crescimento distintos. Traqueídeos de formato quadrangular a hexagonal, com as paredes preservadas de coloração variada (escura ou branca). Interior das células (lúmen) preenchido por sílica microcristalina de coloração branca ou marrom, e com raios lenhosos visíveis (FIGURA 5c).

Identificação taxonômica: o exemplar é um fragmento de xilema secundário de Gimnosperma.

Dimensões: 15 cm de comprimento, 18 cm de largura e de 1,8 a 2 cm de espessura (FIGURA 5a).

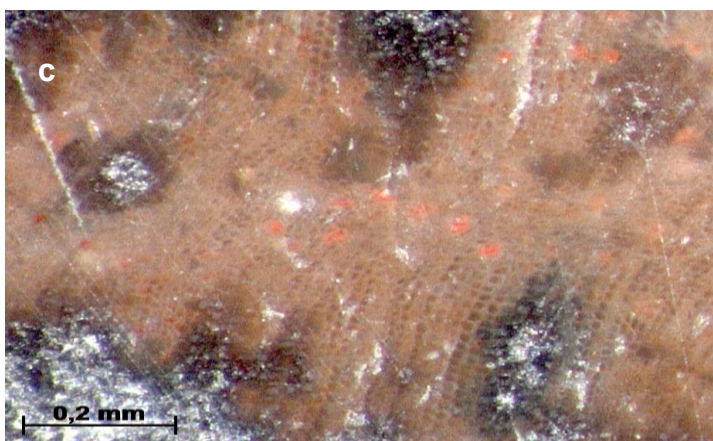
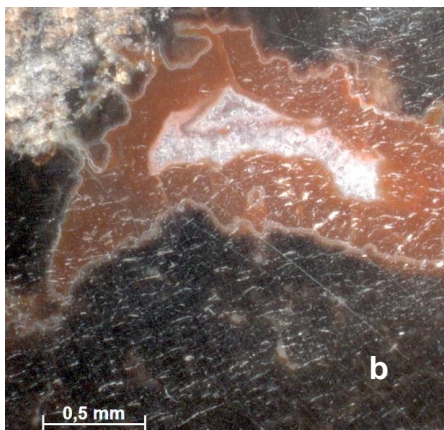


FIGURA 5 a), b) e c) – AMOSTRA UFPR 518 SEÇÃO TRANSVERSAL FACE POLIDA a) ANEIS DE CRESCIMENTO E MEDULA AUSENTE. b) DETALHE DA MINERALIZAÇÃO DE UMA FRATURA. c) TRAQUEÍDEOS COM PAREDES PRESERVADAS E LÚMEN PREENCHIDO.

#### 4.6 AMOSTRA UFPR 519 PB (Nº ORIGINAL 1015/10) E AMOSTRA UFPR 520 PB (Nº ORIGINAL 1016/10)

As duas amostras foram descritas juntas, pois provavelmente fazem parte do mesmo indivíduo (FIGURA 6a e b).

Descrição macroscópica: fragmentos lenhosos com cortes longitudinais oblíquos em duas faces de cada, sendo uma delas polida. Possuem coloração castanha escura, esbranquiçada, amarelada, acinzentada e em menor proporção avermelhada. As amostras apresentam pequenos ramos (nós) (FIGURA 6c) com diâmetro entre 0,2 a 0,5 cm, com maior concentração na região central das amostras. Sugestão de anéis de crescimento e ausência de medula.

Descrição tafonômica e mineralógica: Tecido lenhoso homogêneo com fraturas longitudinais tangenciais e radiais preenchidas por mineralização de calcedônia e quartzo hialino. Estas fraturas são produto de ressecamento do lenho no momento logo após a morte. Ocorre ainda a presença de buracos circulares na porção longitudinal externa da amostra. O padrão de preservação das células é variável, tendo porções com uma ótima preservação e locais com pouca preservação.

Descrição anatômica e microscópica: amostras de lenho secundário picnoxílico, homoxílico, com anéis de crescimento, com pouca variação entre as células do lenho inicial e tardio. Os raios lenhosos são unisseriados e pouco frequentes. Traqueídeos ovaladas com dimensões variadas com paredes preservadas de coloração avermelhada com interior celular (lúmen) preenchido por sílica e de coloração diferente (branco). As paredes radiais dos traqueoides possuem pontoações areoladas bisseriadas alternas.

Identificação taxonômica: os exemplares provavelmente fazem parte de um mesmo indivíduo e representam o xilema secundário de Gimnosperma.

Dimensões: - UFPR 519 Pb tem 29,5 cm de comprimento, 17 cm de largura e entre 2 e 2,2 cm de espessura.

- UFPR 520 Pb tem 30 cm de comprimento, 16,5 cm de largura e entre 1,8 a 1,9 cm de espessura.

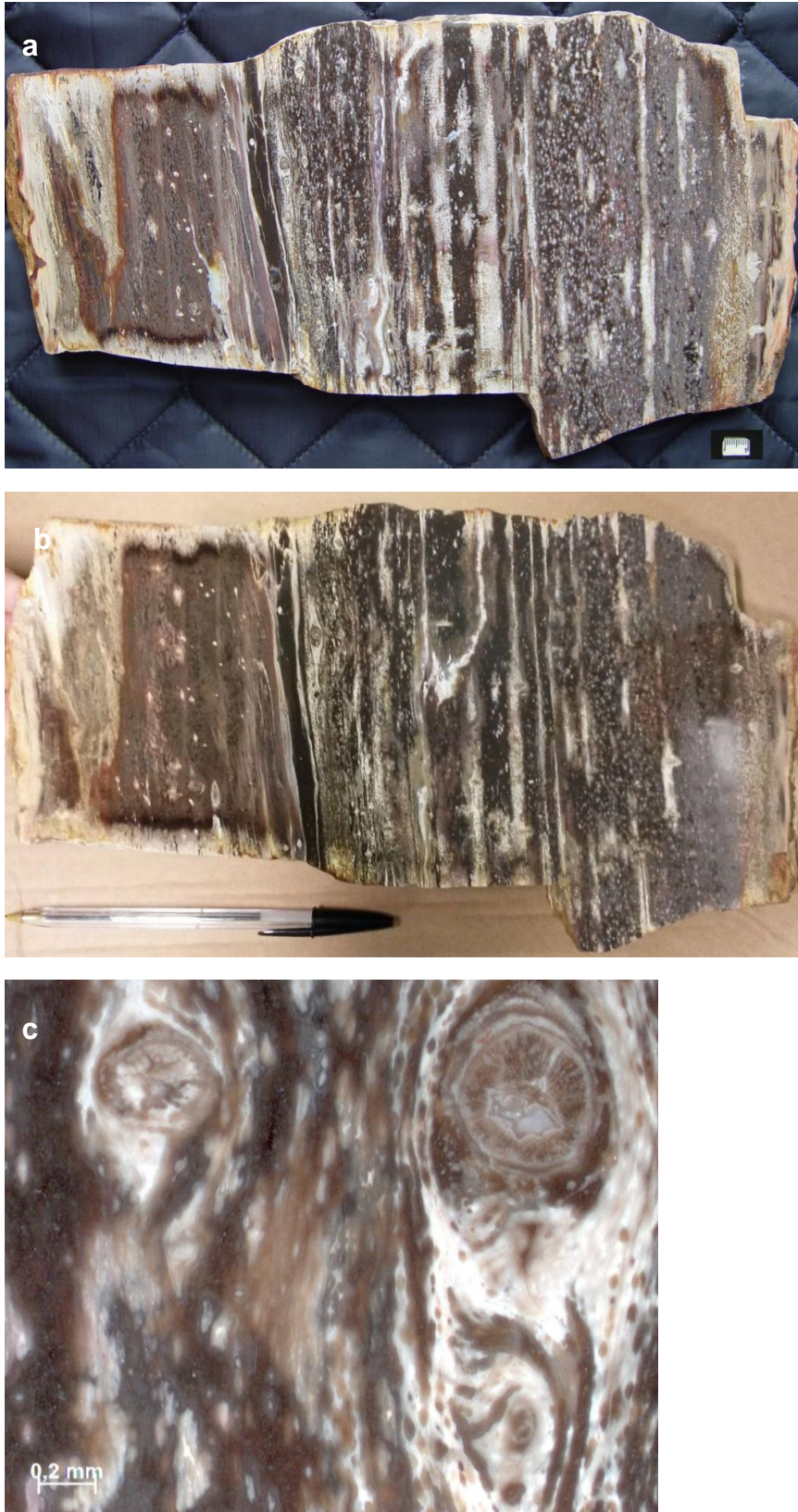


FIGURA 6 a), b) e c) – AMOSTRAS UFPR 519 PB E UFPR 520 PB SEÇÃO LONGITUDINAL FACES POLIDAS. a) 519 e b) 520: FRATURAS LONGITUDINAIS PREENCHIDAS POR SÍLICA COM CONCENTRAÇÕES DE PEQUENOS RAMOS NA REGIÃO CENTRAL. c) DETALHE DOS PEQUENOS NÓS COM MEDULAS ROMPIDAS E PREENCHIDAS POR SÍLICA.

#### 4.7 AMOSTRA UFPR 521 PB (Nº ORIGINAL 1008/10)

Descrição macroscópica: corte transversal de caule lenhoso com uma face cortada e polida e a outra face fraturada e desgastada, de coloração preta, cinza e castanha avermelhada. A amostra possui um ramo (nó) na parte lateral com diâmetro de 7,5 cm (FIGURA 7b) e apresenta também medula rompida (FIGURA 7c). São observados também sugestões de anéis de crescimento.

Descrição tafonômica e mineralógica: a preservação da amostra é em mosaico, com ocorrência de fraturas e microfraturas longitudinais, radiais e tangenciais, a maioria preenchida por sílica em banda (calcedônia) e por cristais de quartzo ao centro. Presença também de fraturas preenchidas por quartzo hialino (FIGURA 7d). Nas áreas externas da amostra, o óxido de ferro está nas fraturas. Não foram observadas células rompidas e comprimidas. As fraturas separaram os elementos do lenho, sugerindo que as mesmas teriam origem anterior a mineralização. É provável que antes do sepultamento final o caule tenha ficado exposto sofrendo ressecamento. Há ainda na amostra alguns prováveis buracos de insetos na porção lateral. O padrão de preservação da amostra é heterogêneo.

Descrição anatômica e microscópica: apresenta medula rompida, mas indica tamanho grande (>10 mm), heterogênea com células de parênquima e esclerênquima (FIGURA 7e). Protoxilema endarco. Tecido lenhoso picnoxílico, homoxílico com traqueídeos de formato alongado com parede escura e interior celular (lúmen) preenchido por sílica de coloração clara. Os anéis de crescimento são indistintos, sendo ausente a variação entre as células do lenho inicial e tardio. Células do parênquima radial de mesma coloração das paredes dos traqueoides, sendo frequentes e espessas.

Identificação taxonômica: a amostra corresponde a um caule gimnosperâmico.

Dimensões: diâmetro de 31 cm e 28 cm e 6,5 cm de espessura/altura (FIGURA 7a).





FIGURA 7 a) e b) – AMOSTRA UFPR 521 PB a) SEÇÃO TRANSVERSAL COM MEDULA ROMPIDA, FRATURAS RADIAIS E TANGENCIAIS PREENCHIDAS POR SÍLICA. b) SEÇÃO FRATURADA TRANSVERSAL DE RAMO NA LATERAL EXTERNA DA AMOSTRA.

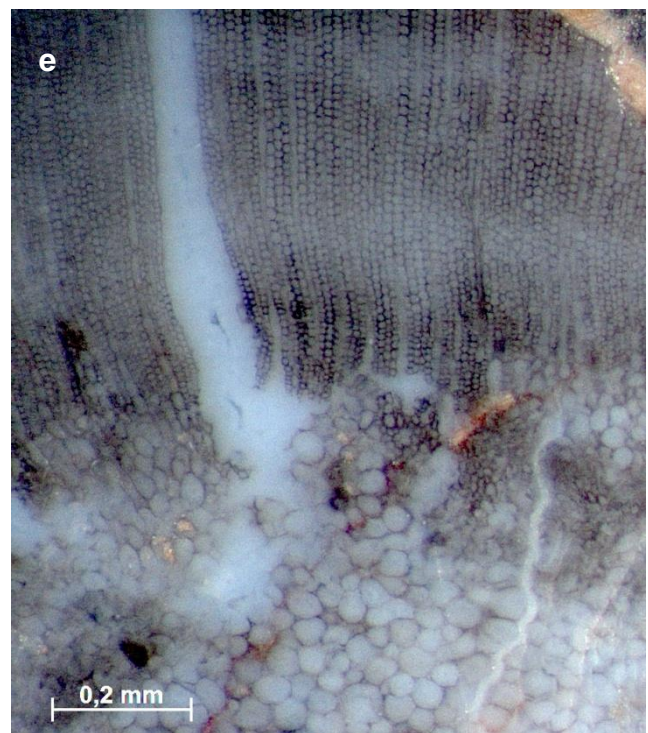


FIGURA 7 c), d) e e) – AMOSTRA UFPR 521 PB c) MEDULA ROMPIDA COM FRATURA PREENCHIDA. d) DETALHE DA MINERALIZAÇÃO DE UMA FRATURA COM FORMAÇÃO DE ÁGATA, CALCEDÔNIA E QUARTZO. e) CÉLULAS DA MEDULA, XILEMA PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO.

#### 4.8 AMOSTRA UFPR 522 PB (Nº ORIGINAL1017/10)

Descrição macroscópica: fragmento lenhoso com corte e polimento no plano transversal, com os demais planos resultantes de quebras e desgaste. Possui coloração cinza acastanhada a levemente avermelhada. A amostra não apresenta ramos (nós) nem medula, tendo apenas o xilema secundário. É possível identificar também sugestão de anéis de crescimento interrompidos por fraturas.

Descrição tafonômica e mineralógica: na área externa a coloração é avermelhada e esbranquiçada, atribuída à presença de óxido de ferro. Há fraturas oblíquas que não estão preenchidas por minerais, indicando serem recentes. Algumas pequenas fraturas radiais e tangenciais encontram-se preenchidas por sílica na forma de calcedônia e com formação de cristais de quartzo ao centro (FIGURA 8b). Presença de células comprimidas resultantes de compactação pós-morte (FIGURA 8c). Amostra com preservação em mosaico e locais com células bem evidentes e outros ausentes, com apenas sílica microcristalina. Incrustação de matriz arenosa.

Descrição anatômica e microscópica: lenho picnoxílico, homoxílico, com anéis de crescimento indistintos, sendo ausente a variação entre o lenho inicial e tardio. Apresenta traqueídeos com formato hexagonal a ovalado, com paredes de coloração diferente do interior celular (lúmen) preenchido por sílica (claro). As células do parênquima radial são de mesma coloração das paredes dos traqueoides.

Identificação taxonômica: amostra similar a UFPR 514 Pb, e corresponde a uma fração do xilema secundário de Gimnosperma.

Dimensões: diâmetro variando entre 12 a 15 cm com 13,2 cm de altura/espessura (FIGURA 8a).



FIGURA 8 a), b) e c) – AMOSTRA UFPR 522 PB SEÇÃO TRANSVERSAL POLIDA. a) FRAGMENTO LENHOSO COM MUITAS FRATURAS E ÓXIDOS DA REGIÃO EXTERNA. b) XILEMA SECUNDÁRIO PERMINERALIZADO E FRATURA COM CALCEDÔNIA E QUARTZO. c) CÉLULAS COMPRIMIDAS, EVIDENCIANDO TORÇÕES E ROMPIMENTOS.

#### 4.9 AMOSTRA UFPR 523 PB (Nº ORIGINAL 1020/10)

Descrição macroscópica: amostra de caule com formato losangular, com corte transversal oblíquo com uma face polida, um orifício central circular, e uma face fosca com desgaste de serra retangular de dimensões 6 por 6,5 cm (FIGURA 9a e b). Possui cor preta, cinza escura e em menor proporção branca. Estelo e manto radicular de espessura variada (2 a 7 cm), circundando o primeiro. Meristemas circulares em forma de 'C'. Os rizoides estão alinhados radialmente com forma transversal circular a oval. O estelo é limitado ao manto por anel esclerenquimático. A morfologia do caule encontra-se alterado devido ao corte não ter seguido exatamente o plano anatômico. Possui também um manto de esclerênquima bem preservado.

Descrição tafonômica e mineralógica: a amostra é composta de matriz arenosa na superfície externa. Alguns feixes estão totalmente preenchidos por sílica microcristalina. Há fraturas longitudinais não preenchidas e sem um padrão específico por toda a amostra.

Descrição anatômica e microscópica: a preservação da amostra é heterogênea e as células do parênquima não estão preservadas. Células de floema e xilema pouco visíveis nos feixes vasculares que apresentam formas variáveis: circulares, alongados, em forma de C, em pregas (FIGURA 9c).

Identificação taxonômica: caudices de Divisão Pteridophyta, Ordem Marattiales, Família Psaroniaceae, Gênero *Tietea* sp.

Dimensões: comprimento de 24 cm por 19 cm com espessura variando de 2,3 a 2,5 cm.

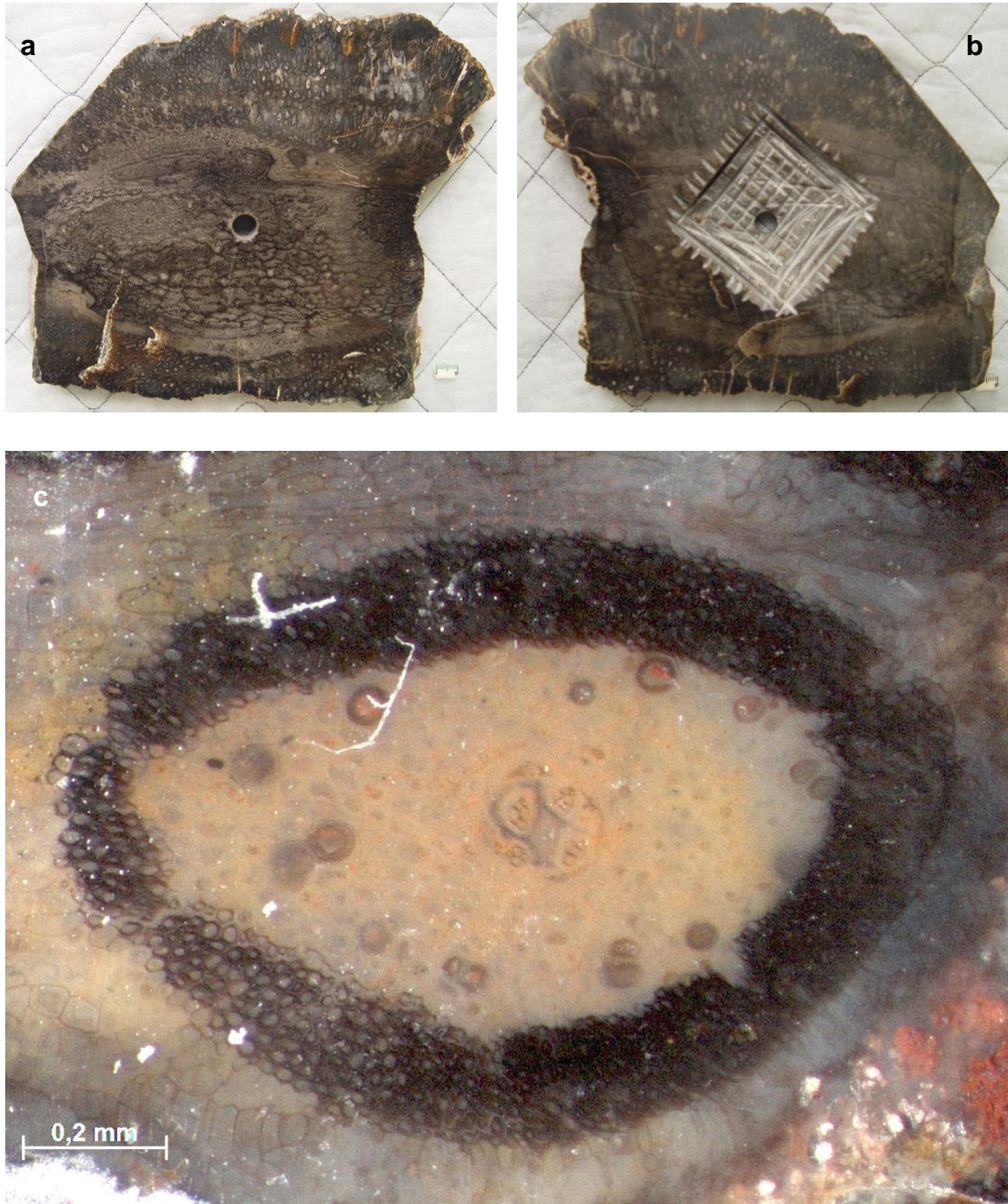


FIGURA 9 a), b) e c) – AMOSTRA UFPR 523 PB SEÇÃO TRANSVERSAL. a) FACE POLIDA COM ORIFÍCIO CIRCULAR, COM ESTELO DE MANTO RÁDICULAR. b) OUTRO LADO DA AMOSTRA, ONDE É OBSERVADO DESGASTE PROVOCADO POR ALGUM TIPO DE SERRA. c) SEÇÃO TRANSVERSAL DE UM RIZÓIDE.

#### 4.10 AMOSTRA UFPR 524 PB (Nº ORIGINAL 1021/10)

Descrição macroscópica: fragmento lenhoso com cortes longitudinais, oblíquos aos planos tangencial e radial, com uma face polida contendo um desgaste circular com diâmetro de 3,5 cm (Figura 10a), e outra não polida, além de uma face cortada transversalmente não orientada. Possui coloração castanha clara, castanha escura e branca, com algumas porções mais avermelhadas. A amostra não apresenta ramos (nós) nem medula e tem anéis de crescimento indistintos,

Descrição tafonômica e mineralógica: ocorrem fraturas longitudinais e transversais não preenchidas. Ocorrem também fraturas com cristais de sílica e sílica microcristalina (FIGURA 10b). A preservação da amostra é em mosaico.

Descrição anatômica e microscópica: lenho secundário picnoxílico, homoxílico, com anéis de crescimento indistintos. Os traqueídeos de dimensões variadas com paredes preservadas com coloração diferente do interior celular (lúmen), preservado e preenchido por sílica (FIGURA 10c). Paredes radiais dos traqueoides com pontoações areoladas bisseriadas e alternadas. Raios homogêneos e baixos (4 a 10 células de altura).

Identificação taxonômica: amostra de fragmento de xilema secundário de Gimnosperma.

Dimensões: 17,5 cm de comprimento, 10 cm de largura e 2,3 cm de espessura.

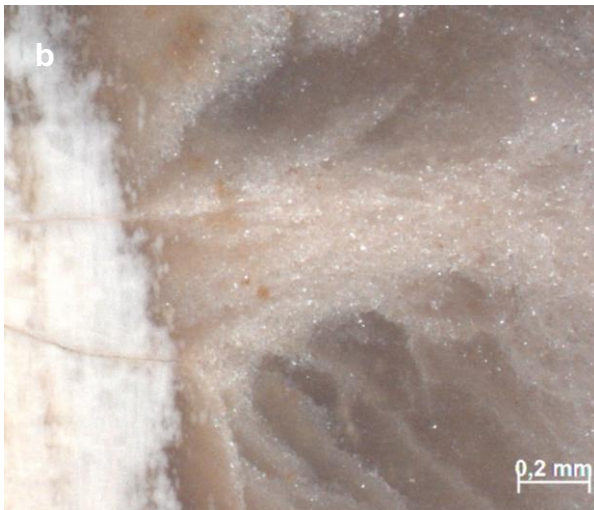


FIGURA 10 a), b) e c) – AMOSTRA UFPR 524 PB a) SEÇÃO LONGITUDINAL, FACE POLIDA, EVIDÊNCIA DE DESGASTE CIRCULAR E FRATURAS. b) SÍLICA MICROCRISTALINA E PAREDES CELULARES POUCO PRESERVADAS c) TRAQUEÍDEOS COM PAREDES PARCIALMENTE PRESERVADAS.



#### 4.11 AMOSTRA UFPR 525 PB (Nº ORIGINAL 1018/10)

Descrição macroscópica: a amostra está fraturada e separada em três grandes partes. Representa um corte transversal, tendo uma face polida e a outra fraturada e com evidência de desgaste. Apresenta coloração preta, cinza, vermelha e laranja (FIGURA 11a). Ausência de ramos (nós) e presença de medula rompida.

Descrição tafonômica e mineralógica: caule lenhoso com preservação em mosaico. Apresenta inúmeras fraturas radiais e oblíquas não preenchidas, e também fraturas de menor tamanho preenchidas por sílica microcristalina, quartzo hialino e calcedônia (FIGURA 11b). É evidente a presença de óxido de ferro (coloração avermelhada), provavelmente hematita, tingindo o tecido lenhoso de toda amostra, principalmente concentrado nas fraturas. Ocorrência de células torcidas e rompidas, resultantes da compactação pós-sepultamento. Apresenta preservação heterogênea com poucas áreas com tecido celular preservado.

Descrição anatômica e microscópica: apresenta medula rompida de tamanho e composição desconhecidos. Tecido lenhoso picnoxílico, homoxílico, com traqueídeos de formato alongado com parede de coloração clara e interior celular (lúmen) de coloração escura (FIGURA 11c). Traqueídeos também com a parede escura e o interior celular tingido pelo óxido de ferro. Anéis de crescimento indistintos, embora exista sugestão macroscópica. Células de parênquima radial de mesma coloração das paredes dos traqueoides. A medula possui células secretoras. Células de parênquima radial de mesma coloração das paredes dos traqueoides.

Identificação taxonômica: a amostra corresponde a um caule de Gimnosperma.

Dimensões: diâmetro de 36 cm por 29 cm, com espessura variando de 4 cm a 6,5 cm.



FIGURA 11 a), b) e c) – AMOSTRA UFPR 525 PB SEÇÃO TRANSVERSAL FACE POLIDA a) ASPECTO GERAL MACRO DA AMOSTRA, COM MUITAS FRATURAS, ALGUMAS PREENCHIDAS POR SÍLICA E ÓXIDOS (CONCENTRADOS NA REGIÃO EXTERNA E EM FRATURAS). b) MICROFRATURA COM PREENCHIMENTO DE QUARTZO E CALCEDÔNIA. c) TRAQUEÍDEOS COM PAREDES PRESERVADAS E LÚMEN PREENCHIDO E TINGIDO POR ÓXIDO DE FERRO.

## 5 DISCUSSÃO

As 12 amostras foram descritas em detalhe, o que as permitiu a identificação taxonômica e a reunião de acordo com as afinidades botânicas. Foram apenas oito os exemplares que apresentam somente o xilema secundário de madeiras de gimnospermas. Dois são caules de gimnosperma, com medula presente, apesar de rompida. Dois são caudices de Pteridophyta, sendo um com afinidade ao Gênero *Tietea* e outro ao *Psaronius*.

O processo de mineralização teve participação da sílica que ocorre em diversas formas como a sílica microcristalina, cristais granulares de quartzo, sílica em bandas (ágata), calcedônia e quartzo amorfo. Neste trabalho, os minerais encontrados foram identificados como quartzo, sílica ou quartzo microcristalino, calcedônia, ágata, quartzo amorfo e hematita. Martins *et al.*, (2010) utilizaram o método de Difractometria de Raios X (DFR) para identificar os minerais constituintes dos lenhos fósseis de Tocantins e encontrando principalmente quartzo e quartzo amorfo, além de hematita. A análise microscópica realizada nas 12 amostras possibilitou relacionar a mineralogia com os resultados obtidos pela análise de DFR de Martins *et al.*, (2010).

A sílica ou quartzo microcristalino é encontrado no interior das células de todas as amostras, independente do grupo taxonômico a que pertencem: gimnospermas ou Pteridophyta. Os cristais granulares de quartzo são encontrados preenchendo as regiões centrais de fraturas e microfraturas. Também ocorrem nas estruturas vegetais como, por exemplo, nos feixes vasculares que estiveram inicialmente vazios e foram preenchidos por quartzo. A ágata e a calcedônia estão presentes na região mais externa das fraturas. O quartzo amorfo foi observado na forma de opala também em fraturas. A hematita ocorre geralmente nas regiões mais externas das amostras, onde houve provavelmente um contato maior com o meio externo, que possibilitou que o mineral apresentasse coloração avermelhada. Para uma análise mais acurada e detalhada visando a confirmação de que se tratam realmente de tais minerais, seriam necessárias análises como Difractometria de Raios X, utilização de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e análise de lâminas delgadas.

Algumas amostras apresentam torções das células, que segundo Bolzon *et al.*, (2004), é devido ao primeiro estágio fossildiagenético, onde ocorre a destruição do tecido lenhoso, anterior à infiltração e precipitação de minerais. Os autores indicam que estas torções, compressões e até rompimento das paredes celulares (FIGURA 12) é causado pelo soterramento que as amostras sofrem, onde a destruição do tecido lenhoso não ocorre de maneira contínua, mas em mosaicos como nas amostras UFPR 515 Pb e UFPR 518 Pb (FIGURA 13).

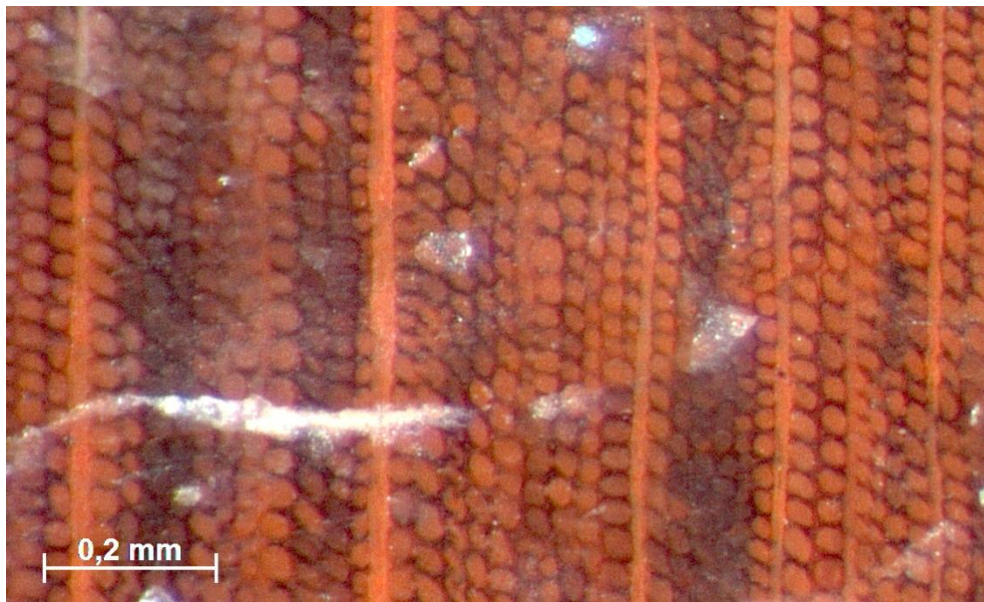


FIGURA 12 - FOTOMICROGRAFIA DA AMOSTRA UFPR 525 PB, ONDE ESTÃO EVIDENCIADOS OS PADRÕES TORCIDOS, COMPRIMIDOS E ROMPIDOS DAS PAREDES CELULARES (TRANSVERSAL).

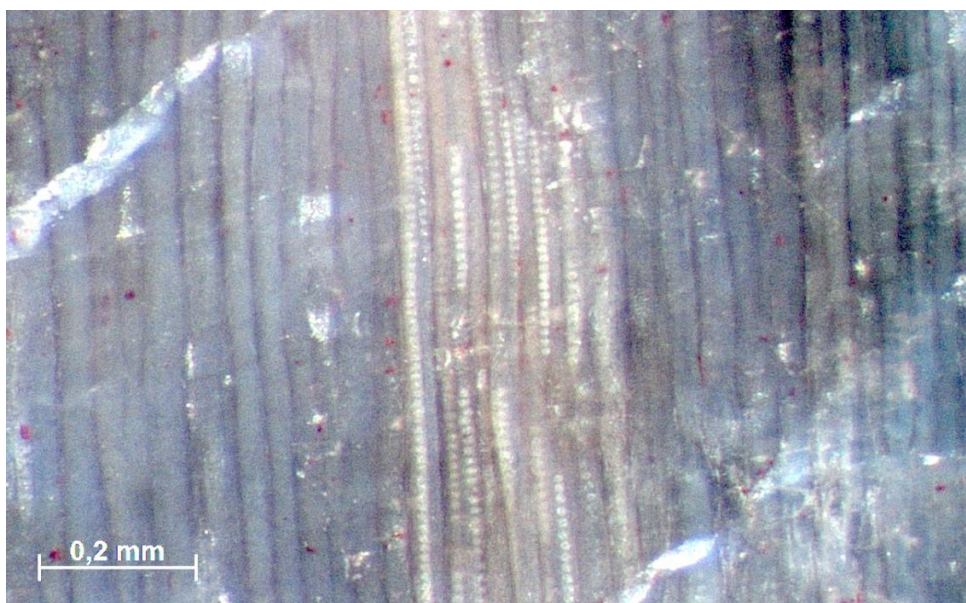


FIGURA 13 – FOTOMICROGRAFIA DA AMOSTRA UFPR 515 PB, MOSTRANDO O PADRÃO DE PRESERVAÇÃO EM MOSAICOS (LONGITUDINAL).

A sugestão de anéis de crescimento observados em macroscopia, quando vistos no microscópio não se confirmavam como, por exemplo, na amostra Pb 514. Eles se tratavam de fraturas e microfraturas que acompanham a estrutura do lenho. Também quando analisadas em detalhe na microscopia os traqueoides não apresentavam variação no diâmetro e espessura da parede.

Quanto à coloração, ocorrem de forma bastante variada e, em geral, se destacam pela presença de óxido de ferro que predomina nas áreas externas das amostras e em fraturas, que deixam as amostras avermelhadas e alaranjadas. Segundo Bolzon *et al.*, (2004), na quarta etapa da fossilização caracterizada pelo preenchimento e/ou precipitação de minerais a partir da superfície dos lumens celulares podem ocorrer óxidos férricos associados às regiões de fratura ou na região mais externa do exemplar, que estariam relacionadas à destruição do tecido lenhoso. O autor ainda cita que Beauchamp, em 1981, constata que os íons férricos se fixam sob a forma de hematita e podem evoluir para goetita.

As amostras Pb 519 e Pb 520 são muito semelhantes em todos os aspectos, mineralógicos, anatômicos e morfológicos, além de possuir um mesmo tipo de corte, sugerindo que são partes de um mesmo indivíduo.

As amostras Pb 523 e Pb 524 possuem desgastes feitos a partir de algum tipo de serra ou ferramenta de corte, e seriam utilizadas provavelmente para fins comerciais que se destinariam a adornos, como por exemplo o fundo de um relógio.

Segundo Martins *et al.*, (2010), os vegetais silicificados possuem diferentes padrões difratométricos do quartzo e poderiam ser de diferentes idades geológicas, sendo usados como parâmetro cronológico, cuja sequência de transformação dos polimorfos de sílica parece depender da idade dos caules. Os padrões difratométricos obtidos no trabalho de Martins *et al.*, (2010), são coerentes com a mineralogia identificada no Paleozoico, e correlacionáveis com a idade proposta para o processo de silicificação na Formação Motuca (Permiano Superior). No trabalho citado, foram analisados exemplares de Marattiales da Formação Motuca, apresentando cristais de quartzo, hematita e quartzo amorfo. Os exemplares estudados no presente trabalho podem se associar pela similaridade composicional aos descritos por estes autores.

Com relação aos dois caudices de Pteridophyta, foi possível identificar duas amostras de dois gêneros diferentes, *Psaronius* e *Tietea*. Segundo Viney (2008), *Tietea* tem feixes vasculares circulares, ovalados e em forma de 'C' em seção transversal, e *Psaronius* tem faixas sinuosas do xilema, ambas possuindo na porção externa um manto radicular como evidenciado na Figura 14. A amostra Pb 516 apresenta características como feixes vasculares de forma circulares, anastomosadas e sinuosas na região central, sendo atribuída pela similaridade ao gênero *Psaronius*. Já a amostra Pb 523 apresenta feixes vasculares com formas circulares, alongados, em forma de 'C' e em pregas, características de um fóssil do gênero *Tietea*.

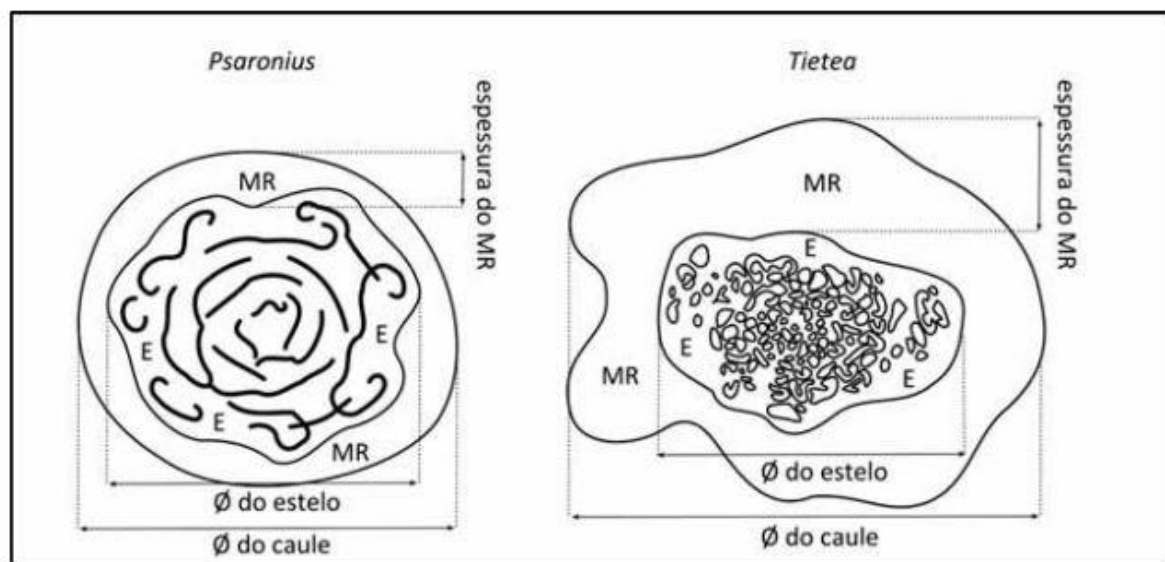


FIGURA 14 - DESENHO ESQUEMÁTICO DE CORTE TRANSVERSAL DOS CAULES DAS PTERIDÓFITAS ARBORESCENTES DOS GÊNEROS *PSARONIUS* E *TIETEA*, CONTENDO ESTELO (E) E MANTO RADICULAR (MR). FONTE: MODIFICADO DE CAPRETZ (2010).

Nos eusteles com medula, a distinção entre as características estruturais e os componentes da medula, xilema primário e secundário são importantes para diferenciá-los e identificá-los. (MUSSA, 1986). A seção transversal pode mostrar traqueoides com formatos poligonais, quadrangulares ou hexagonais. As células de raios nesse plano anatômico são longitudinais sendo alongadas e dispostas no eixo radial. Na seção radial os traqueoides aparecem como células alongadas e podem apresentar pontuações. São observados os números de células dos raios, mas a sua espessura é verificada no plano tangencial (TAYLOR *et al.* 2009). Na Ordem

Cordaitales, o xilema secundário consiste apenas de traqueoides e raios com altura variável e ausência de células de parênquima axial e canais resiníferos. Os raios são finos e os traqueoides exibem pontoações uni e bisseriadas similares às encontradas nas Coníferas. Os raios são, em geral, unisseriados mais algumas espécies possuem bisseriados. Fragmentos isolados de fósseis com essas características são usualmente denominados *Dadoxylon*. Segundo Taylor *et al.*, (2009), a maioria dos caules fósseis da Divisão Coniferophyta são atribuídos a Família Araucariaceae e referidos como *Agathoxylon*, pois *Araucarioxylon* é um complexo e seu uso não é recomendado. As características do táxon fóssil inclui xilema secundário com traqueoides com pontoações areoladas unisseriadas e multisseriadas nas paredes radiais, ausência de células de parênquima axial, canais resiníferos e raios unisseriados (TAYLOR *et al.*, 2009).

A presença de medula maciça e esclerênquima na amostra Pb 521, pode indicar afinidade a um conjunto de alguns gêneros (GUERRA-SOMMER *et al.*, 2014). O caule Pb 525 embora apresente medula, a mesma está rompida e a sua preservação não possibilita observar detalhes anatômicos. Somente a análise de lâmina delgada longitudinal e transversal seria possível obter mais informações para uma identificação taxonômica mais precisa. Os exemplares com apenas xilema secundário possuem formato dos traqueoides em seção transversal variado entre as amostras, mas não foram observadas evidências da ocorrência de células de parênquima axial e canais resiníferos. Em algumas, as pontoações das paredes radiais são unisseriadas e bisseriadas, assim como os raios são baixos e unisseriados. Essas características indicam afinidade a *Agathoxylon* (TAYLOR *et al.*, 2009).

As características mineralógicas e os grupos fósseis encontrados sugerem que o material pode ser procedente da Bacia do Parnaíba, Formação Motuca (TO), mas não é possível afirmar categoricamente a sua origem. Estudos anatômicos e mineralógicos mais detalhados e a utilização de técnicas como DFR, MEV e lâminas delgadas dos diferentes planos anatômicos para uma descrição das estruturas presentes, poderiam aumentar a confiabilidade da origem do material.

## 6 CONCLUSÃO

Após as análises e as descrições das amostras realizadas neste trabalho, conclui-se que:

- As doze amostras são fósseis vegetais, sendo oito amostras de partes do xilema secundário de gimnospermas, dois caules com medula também de gimnospermas e dois exemplares de caudice de Pteridophyta.
- As amostras Pb 519 e Pb 520 pertencem provavelmente ao mesmo indivíduo, pois compartilham as mesmas características macroscópicas como cor, corte e estruturas anatômicas, incluindo também detalhes da mineralogia e descrição anatômica microscópica.
- As amostras Pb 523 e Pb 524 possuem desgastes provocados por algum tipo de ferramenta de corte.
- A preservação é variável entre os exemplares e num mesmo exemplar. Os caules de pteridófitas não estão bem preservados de uma forma geral, não sendo observadas características anatômicas importantes para uma identificação mais específica. Nos exemplares com xilema secundário, as células são mais evidentes nas áreas/regiões com presença maior de óxido de ferro.
- Todas as amostras foram silicificadas, algumas apresentando maior variação mineralógica. Em algumas amostras foi possível observar ágata, calcedônia e cristais de quartzo.
- As características mineralógicas, morfológicas, tafonômicas e taxonômicas sugerem que os caules foram coletados na Formação Motuca, que aflora no Estado do Tocantins, portanto de idade Permiana.



## REFERÊNCIAS

BARDOLA, T. P. **Caracterização anatômica e relações estratigráficas da lignoflora triássica da região de São Pedro do Sul, RS** – Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre, RS. 2011.

BOLZON, R.T.; OLIVEIRA, E. V. **Associação de lenhos fósseis da região de Uruguiana, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: considerações sobre geologia e tafonomia.** In: Revista da Universidade de Guarulhos (Geociências), 5:160-163., 2000.

BOLZON, R.T.; MARCHIORI, J.N.C. **Lenhos fósseis de Myrtacea da Região de Uruguiana, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** Acta Geologica Leopoldensia, 25(54): 41-63., 2002.

BOLZON, R. T.; SILVA, J. L. S.; MACHADO, L. G.; **Fossilidiagênese de Lenhos do Mesozóico do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** In: Revista Brasileira de Paleontologia 7 (2): p. 103-110, SBP, 2004.

BOLZON, R. T. **Método de Preparação de Lâminas Delgadas de Madeiras Fósseis Mineralizadas.** In: Carvalho, I. (Org.). Carvalho, I. 1ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 79-81, 2011.

BOLZON, R. T. **A importância das madeiras fósseis nas reconstruções paleoambientais e paleoclimáticas.** In: Congresso Nacional de Botânica, 2012, Joinville, SC. Congresso Nacional de Botânica (63.: 2012: Joinville, SC). Botânica frente às mudanças globais: anais do 63º Congresso Nacional de Botânica, v CD. p. 1-10., 2012.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. 1942. **Decreto-lei nº 4.146, de 4 de março de 1942. Dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1937-1946/Del4146.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/Del4146.html)>. Acesso em: 17 de junho de 2015.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1967. **Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas).** Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm)>.  
Acesso em: 10 de Novembro de 2015.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.html)>.  
Acesso em: 17 de junho de 2015.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2014. **Lei nº 13.008, de 26 de junho de 2014. Dá nova redação ao art. 334 do Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940 - Código Penal**. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2014/Lei/L13008.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13008.htm)>.  
Acesso em: 10 de Novembro de 2015.

CAPRETZ, R. L. **Paleoecologia e Tafonomia da Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (Bacia do Parnaíba, Permiano)**. Tese de Doutorado da Universidade Estadual de São Paulo, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus Rio Claro, Rio Claro, SP. 2010.

CHAIRMAN, J. M.; BARRIE, F. R.; BUCK, W. R.; DEMOULIN, V.; GREUTER, W.; HAWKSWORTH, D. L.; HERENDEEN, P. S.; KNAPP, S.; MARHOLD, K.; PRADO, J.; PRUD'HOMME VAN REINE, W. F.; SMITH, G. F.; WIERSEMA, J. H. **International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code)**, 2012. Disponível em <<http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>>  
Acesso em: 15 de Novembro de 2015.

COIMBRA, A. M.; MUSSA, D. **Associação lignitaflorística da Formação Pedra de Fogo, (Arenito Cacunda), Bacia do Maranhão, Piauí, Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33., Anais. Rio de Janeiro, SBG, v.2, p. 591-605, 1984.

DIAS-BRITO, D.; ROHN, R.; CASTRO, J. C.; DIAS, R. R.; RÖSSLER, R. **Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – O mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul**. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, 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>

GUERRA-SOMMER, M. ; DEGANI-SCHMIDT, I. ; MUSSA, D. ; KAVALI, P. S. ; SHIVANNA, M. **The stratigraphic significance of the Solenoid Complex in the Permian of Gondwana.** Geologia USP. Série Científica, v. 14, p. 139-148, 2014.

HERBST, R. **Studies on Psaroniaceae. IV. Two species of Psaronius from Araguaina, State of Tocantins, Brazil.** FACENA. v.15. p. 9-18. 1999.

KENRICK, P.; DAVIS, P. **Fossil Plants.** Smithsonian Books: Washington, 2004.

KURZAWA, F.; IANNUZZI, R.; MERLOTTI, S.; RÖßLER; NOLL, R. **New Gymnospermous Woods From The Permian Of The Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part I: Ductoabietoxylon, Scleroabietoxylon and Parnaiboxylon.** Review of Palaeobotany and Palynology , v. 195, p. 37-49, 2013.

KURZAWA, F.; IANNUZZI, R.; MERLOTTI, S.; ROHN, R. **New Gymnospermous Woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part II: Damudoxylon, Kaokoxylon and Taeniopitys.** Review of Palaeobotany and Palynology , v. 195, p. 50-64, 2013.

LIMA, F. J.; SARAIVA, A. A. F.; SAYÃO, J. M. **Revisão da Paleoflora das Formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil.** In: Estudos Geológicos v 22 (1), Pernambuco. UFPE, p. 99-115, 2012.

MACHADO, L. G.; SCHEEL-YBERT, R.; BOLZON, R. T.; CARVALHO, M. A.; CARVALHO, I. S. **Lenhos fósseis do Neógeno da Bacia do Acre, Formação Solimões: contexto paleoambiental.** In: Revista Brasileira de Geociências. v 42 (1): 67-80, 2012.

MARTINS, R. A.; COSTA, M. L.; MORAES, M. S. **Floresta Fossilizada do Tocantins: Uma flora preservada por milhões de anos.** – Natal, RN : Editora IFRN, 120 p. : il. 2010

MERLOTTI, S. **Ocorrência de um fragmento de caule tipo Cordaites no Gondwana do Brasil.** In: XI Congresso Brasileiro de Paleontologia v. 1. p. 151-161, Curitiba. XI Congresso Brasileiro de Paleontologia. Curitiba: UFPR, 1989.

MERLOTTI, S. **Retemedulloxylon, novo lenho fóssil com medula diafragmada da Formação Rio Bonito, Estado de Santa Catarina, Brasil.** Acta Geológica Leopoldensia , São Leopoldo/RS, v. 21, n.46/47, p. 27-44, 1998.

MERLOTTI, S. **Mussaexylon, novo táxon gimnospérmico do Gondvana brasileiro.** Acta Geológica Leopoldensia, São Leopoldo/RS, v. 21, n.46/47, p. 45-54, 1998.

MERLOTTI, S. **Um novo lenho gimnospérmico da Formação Rio Bonito, Santa Catarina, Brasil - Aterradoxylon solidum gen. et. sp. nov. Pesquisas.** Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul , São Leopoldo/RS, v. 26, n.2, p. 79-89, 1999.

MERLOTTI, S. **Os lenhos fósseis das Formações Irati e Serra Alta (Permiano Superior, Bacia do Paraná) do Rio Grande do Sul, Brasil - Registro de dois novos espécimes.** Revista Universidade Guarulhos , Guarulhos/São Paulo, p. 37-39, 2000.

MERLOTTI, S. **Dois novos espécimes lenhosos da Formação Serra Alta (Permiano Superior, Bacia do Paraná), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil..** Revista Universidade Guarulhos , Guarulhos/SP, v. 7, n.6, p. 5-14, 2002.

MERLOTTI, S.; KURZAWA, F. **Estudo taxonômico do gênero Australoxylon Marguerier 1973 com a descrição de A. catarinensis sp. nov. para o Permiano Inferior, Bacia do Paraná.** Revista Brasileira de Paleontologia , Rio de Janeiro, v. 9, n.1, p. 15-26, 2006.

MERLOTTI, S. **Reavaliação taxonômica de lenhos das formações Irati e Serra Alta, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil.** In: Pesquisa em Geociências, 36 (1): p. 11-21, jan.abr. 2009, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

MERLOTTI, S.; KURZAWA, F.; **Lenhos permianos da Bacia do Paraná, Brasil: síntese e revisão taxonômica.** In: Gaea - Journal of Geoscience, vol. 7, n. 1, p. 19-33, jan-jun 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; DNPM, **Portaria nº 542 de 18 de dezembro de 2014**, Brasília, DF.

MUSSA, D. **Paleoxiloanatomia Brasileira II Novo gênero de lenho fóssil da Formação Irati, Estado de São Paulo.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, 46: 617-634. 1974.

MUSSA, D. ***Brasilestioxylon* e *Solenobrasilioxylon*, dois novos gêneros gondwânicos na Formação Irati, Estado de São Paulo, Brasil.** Boletim IG. Instituto de Geociências, USP, V.9: 118-127. 1978.

MUSSA, D. **On the anatomy of wood showing affinities with the genus *Vertebraria* Royle, from the Irati Formation, State of São Paulo, Brazil.** Boletim IG. Instituto de Geociências, USP, V.9: 153-201. 1978.

MUSSA, D. **Ocorrência do gênero *Antarticoxylon* Seward na Formação Irati (Permiano), estado de São Paulo, Brasil.** Actas do Congreso Argentino de Paleontología y Estratigrafía y Congreso Latinoamericano de Paleontología, 4: 139-155. 1980.

MUSSA, D. **Nova forma do complexo *Vertebraria* nos argilitos carbonosos da Formação Rio Bonito, Santa Catarina, Brasil.** Boletim IG. Instituto de Geociências, USP, V.13: 43-134. 1982.

MUSSA, D. **As formas taxóides, abietóides e phyllocladóides do Gondwana e as desmembradas do gênero Complexo *Dadoxylon* Endl.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, 58:169-170. 1986.

MUSSA, D. **Eustelos gondwânicos de medulas diafragmadas e sua distribuição estratigráfica.** Boletim do Instituto de Geociências, 17: 11-26, 1986.

MUSSA, D.; COIMBRA, A. M. **Novas perspectivas de comparação entre as tafofloras permianas (de lenhos) das Bacias do Parnaíba e do Paraná.** In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 10. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, v.2, p. 901-923, 1987.

PIRES, E. F.; GUERRA-SOMMER, M. **Plant arthropod interaction in the Early Cretaceous (Berriasian) of the Araripe Basin, Brazil.** Journal of South American Earth Sciences, v. 27, p. 50-59, 2009.

RÖSSLER, R.; GALTIER, J. **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. 2002a

RÖSSLER, R.; GALTIER, J. **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. 2002b.

RÖSSLER, R.; GALTIER, J. **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. 2003.

RÖSSLER, R. **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. 2006.

SANTOS, M. E. C. M.; CARVALHO, M. S. S. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís.** Rio de Janeiro: CPRM Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE, 215 p., 2009.

SELMEIER, A. **Identification of Petrified Wood Made Easy.** In Dernbach, U. **Petrified Forest: The World's 31 Most Beautiful Petrified Forests**, Germany: D'ORO Publishers, 1996.

SOMMER, M.G.; SCHERER, C.M.S. **Sítios Paleobotânicos do Arenito Mata (Mata e São Pedro do Sul), RS. Uma das mais importantes “florestas petrificadas” do planeta.** **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil – SIGEP, 09.**, 2000.

TAVARES, T.M.V.; ROHN, R.; MERLOTTI, S. **Caules permineralizados de Tietea e Psaronius na Bacia do Paraná (Formação Corumbataí, Permiano).** In: Pesquisas em Geociências, 38 (2): p.114-131, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L.; KRINGS, M. **Paleobotany – The Biology and Evolution of Fossil Plants**, 2.ed. New York: Academic Press, 2009.

VINEY, M. **The Anatomy of Arborescent Plant Life through Time. USA**, The Virtual Petrified Wood Museum, <http://petrifiedwoodmuseum.org>, 2008.

WILLIS, K.J.; MCELWAIN, J.C. **The Evolution of Plants**. New York: Oxford Univeristy Press, 2002.