

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
CURSO DE GEOLOGIA**

**LUCAS CORDEIRO GORSKI**

**ANÁLISE TAFONÔMICA DE PLANTAS FÓSSEIS DO DEVONIANO DE  
CARAMBEÍ, PARANÁ**

**CURITIBA**

**2023**

**LUCAS CORDEIRO GORSKI**

**ANÁLISE TAFONÔMICA DE PLANTAS FÓSSEIS DO DEVONIANO DE CARAMBEÍ,  
PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Geologia da Universidade Federal  
do Paraná como requisito parcial à obtenção  
do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Robson Tadeu Bolzon

**CURITIBA**

**2023**

## RESUMO

O estudo das plantas fósseis do topo da Formação Furnas, do Devoniano Inferior da Bacia do Paraná, trouxe grandes contribuições para o entendimento da tafoflora das primeiras ocorrências de plantas vascularizadas adaptadas ao continente. Possuindo um extenso estudo relacionado à taxonomia desse material, as plantas fósseis com idade Lochkoviana também possuem uma grande importância no âmbito tafonômico. O estudo da tafonomia realizada nos afloramentos da Formação Furnas podem reconstituir cenários paleogeográficos a partir da elaboração de tafofácies dos macrofósseis vegetais encontrados, explicando a colonização continental desse tipo de plantas primordiais. O objetivo desse trabalho é elaborar atributos de avaliação tafonômica e desenvolver um estudo de tafofácies analisando amostras do afloramento Carambeí, no estado do Paraná. Para isso, são desenvolvidos critérios de fatores tafonômicos que melhor se encaixam ao afloramento estudado e à abundância de fósseis do gênero *Cooksonia*, especialmente da espécie *Cooksonia paranensis*. Considerando o estudo tafonômico de outros afloramentos da região, foi possível definir, ao analisar 70 amostras pertencentes a coleção de Paleobotânica do Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia da UFPR, três grupos de critérios descritivos referentes a tafonomia: Grau de empacotamento, orientação relativa dos fósseis e grau de fragmentação. A partir da análise das amostras e de uma análise quantitativa de dados, foi possível identificar uma tafofácies semelhante a outro afloramento da região, na localidade de Jackson de Figueiredo. O presente estudo verifica a relevância da análise comparativa de tafofácies entre assembleias tafoflorísticas de uma mesma formação ou região para efeitos de comparação ou de aprofundamento de reconstruções paleoambientais e paleogeográficas.

**Palavras chave:** Tafonomia, Tafoflora, Devoniano, Furnas, Paraná

## ABSTRACT

The study of the fossil plants of the top of the Furnas Formation, from the Lower Devonian of the Paraná Basin, has brought great contributions to the understanding of the taphoflora of the first occurrences of vascularized plants adapted to the continent. Having an extensive study related to the taxonomy of this material, fossil plants with Lochkovian age also have a great importance in the taphonomic field. The study of the taphonomy carried out in the outcrops of the Furnas Formation can reconstruct paleogeographic scenarios from the elaboration of taphofacies of the plant macrofossils found, explaining the continental colonization of this type of primordial plants. The objective of this work is to elaborate taphonomic evaluation attributes and to develop a study of taphofacies analyzing samples from the Carambeí outcrop, in the state of Paraná. To this end, criteria of taphonomic factors that best fit the studied outcrop and the abundance of fossils of the genus *Cooksonia*, especially of the species *Cooksonia paranensis*, are developed. Considering the taphonomic study of other outcrops in the region, it was possible to define, by analyzing 70 samples belonging to the Paleobotany collection of the Paleontology Laboratory of the Department of Geology of UFPR, three groups of descriptive criteria related to taphonomy: Degree of packaging, relative orientation of fossils and degree of fragmentation. From the analysis of the samples and a quantitative analysis of data, it was possible to identify a taphofacies similar to another outcrop in the region, in the locality of Jackson de Figueiredo. The present study verifies the relevance of the comparative analysis of taphofacies between taphofloristic assemblages of the same formation or region for comparison or deepening of paleoenvironmental and paleogeographic reconstructions.

**Keywords:** Taphonomy, Taphoflora, Devonian, Furnas, Paraná

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná; indicando o posicionamento da bacia na porção sul do continente Americano e destacando as supersequências que a compõem. **Fonte:** Milani, (2004). .....3
- Figura 2:** Coluna estratigráfica do afloramento da Formação Furnas no *canyon do Rio Iapó*, na região do Guartelá. É considerado o afloramento mais representativo da Formação Furnas, contendo as 3 unidades descritas por Assine (1996). Modificado de Assine (1996). .....5
- Figura 3:** Recorte da carta cronoestratigráfica da Bacia do Paraná destacando a posição da formação Furnas na Supersequência/Grupo Paraná, e seus ambientes deposicionais. Modificado de Milani *et al.* (2007b).....6
- Figura 4:** Mapa de localização regional do afloramento estudado. Trata também de outras ocorrências de plantas terrestres no Paraná. (A) Jaguariaíva, PR (Mussa *et al.*, 1996). (B) Tibagi, PR (Bigarella *et al.*,1966). Modificado de Milagres *et al.* (2018). .....7
- Figura 5:** Mapa indicando a localização das áreas de estudo da tafoflora na Formação Furnas. (1) Localidade do afloramento Vila 31 de março (Rodrigues *et al.*, 1989). (2) Localidade do afloramento Carambeí. (Bolzon *et al.*, 1994; Milagres, 2003; Milagres *et al.*, 2007; Machado *et al.*, 2007). (3) Localidade do afloramento de Tibagi (Bigarella *et al.*, 1966). (4) Localidade do afloramento PISA (Mussa *et al.*, 1996, 2002; Gerrienne *et al.*, 2001; Milagres, 2003; Milagres *et al.*, 2007). (5) Localidade do afloramento Jackson de Figueiredo (Mussa *et al.*, 1996,2002; Gerrienne *et al.*, 2001,2006; Gonez e Gerriene, 2010b). Modificado de Milagres *et al.* (2018).....8
- Figura 6:** Reconstrução da espécie *Cooksonia paranensis*. Fonte: Gerrienne (2001)....9
- Figura 7:** (a) Fóssil da espécie *Cooksonia paranensis* da localidade do afloramento de Jackson de Figueiredo apresentando eixos férteis e (b) sua reconstituição interpretativa. Fonte: Gerrienne *et al.* (2020). ..... 10
- Figura 8:** Amostras representativas das análises tafonômicas efetuadas no trabalho de Martins *et al.* (2018) em referência às amostras de fósseis vegetais. (A) Densamente empacotado; (B) Parcialmente empacotado; (C) Empacotamento disperso; (D) Exemplar fóssil completo, sem fragmentação, indicado pela seta; (E) Exemplos fósseis parcialmente fragmentados; (F) Exemplos de plantas fósseis fragmentadas; (G) Indicador da presença de icnofósseis, indicados pela seta; (H) Amostra indicando relativa orientação. Modificado de Martins *et al.* (2018)..... 12

<b>Figura 9:</b> Modelo de correlação entre tafonomia e tafofácies utilizada no trabalho de Martins <i>et al.</i> (2018); encaixando feições tafonômicas em determinadas tafofácies A e B, e as tafofácies geradas em um contexto de ambiente sedimentar lagunar. Modificado de Martins <i>et al.</i> (2018).....	13
<b>Figura 10:</b> Mapa de localização do afloramento estudado. Modificado de Milagres <i>et al.</i> (2018).....	14
<b>Figura 11:</b> Perfil litoestratigráfico do afloramento estudado, indicando o local de acumulação dos fósseis vegetais. Modificado de Assine (1996).....	15
<b>Figura 12:</b> Amostra Pb326, mostrando um material fossilífero densamente empacotado (1).....	18
<b>Figura 13:</b> Amostra Pb245, apresentando um material parcialmente empacotado (2). Nota-se a matriz sendo o principal suporte para os fósseis, mesmo que alguns bioclastos estejam minoritariamente autossustentados. ....	19
<b>Figura 14:</b> Amostra Pb241, mostrando um esporângio disperso (3) na matriz. ....	19
<b>Figura 15:</b> Amostra Pb247, mostrando um material fóssil relativamente orientado (1). Seta indicando relativa orientação dos eixos vegetais. Não há registro de orientação da amostra em afloramento.....	21
<b>Figura 16:</b> Amostra Pb279, sem apresentar nenhuma orientação aparente (2) em seu todo. ....	21
<b>Figura 17:</b> Amostra Pb353, indicando uma amostra de grau de fragmentação do tipo completo (1). Nota-se a dicotomia dos eixos e a conexão eixo/esporângio no espécime indicado pela seta.....	23
<b>Figura 18:</b> Amostra Pb245, apresentando um grau de fragmentação parcial (2). Deve-se notar que possuem eixos e indivíduos com mais de 2 cm. Porém, de maneira geral, fragmentos de 1 cm a 2 cm são mais comuns. Nota-se uma grande quantidade esporângios desconectados na matriz. ....	23
<b>Figura 19:</b> Amostra Pb326, apresentando uma predominância de material altamente fragmentado (3) menores do que 1 cm. ....	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Tabela de descrição tafonômica com os critérios de grau de empacotamento utilizados.....	18
<b>Tabela 2:</b> Tabela de descrição tafonômica com os critérios de orientação relativa dos restos vegetais fósseis. ....	20
<b>Tabela 3:</b> Tabela de descrição tafonômica com os critérios de grau de fragmentação utilizados.....	22
<b>Tabela 4:</b> Tabela comparativa de espécies encontradas nas localidades PISA e Carambeí. Modificado de Milagres <i>et al.</i> (2018).....	30

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Gráfico de setores mostrando grau de empacotamento das 62 amostras analisadas. ....	25
<b>Gráfico 2:</b> Gráfico de setores mostrando orientação relativa das 62 amostras analisadas. ....	26
<b>Gráfico 3:</b> Gráfico de setores mostrando grau de fragmentação das 62 amostras analisadas. ....	27

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO TEÓRICA .....	2
2.1. GEOLOGIA REGIONAL .....	2
2.1.1 Formação Furnas .....	4
2.2. PALEONTOLOGIA .....	9
2.2.2 Tafonomia e estudo de tafofácies .....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	14
4. RESULTADOS .....	16
4.1 ANÁLISE TAFONÔMICA.....	17
4.1.1 Grau de empacotamento.....	17
4.1.2 Orientação relativa dos fósseis .....	20
4.1.3 Grau de fragmentação .....	22
4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS TAFÔNOMICOS .....	24
5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES FINAIS.....	27
REFERÊNCIAS .....	32
ANEXO I: Tabela de descrições Tafonômicas.....	36

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da tafonomia e das diferentes interpretações de tafofácies se fazem necessárias como uma etapa para a compreensão de um contexto geológico maior.

As primeiras descobertas de plantas vascularizadas no Brasil foram feitas no Devoniano do Estado do Paraná (Petri, 1948), mais especificamente na Formação Furnas, que apresenta importantes ocorrências fósseis do período.

A análise de fósseis vegetais e da tafoflora possibilitou um entendimento e reconstrução paleogeográfica do Devoniano Inicial (Milagres *et al.*, 2018). A tafoflora do Devoniano foi e é amplamente estudada na borda leste da Bacia do Paraná, com extensos trabalhos de pesquisa tafonômica correlacionado à estratigrafia de sequência (Sedorko *et al.*, 2018). O estudo tafonômico, por sua vez, está sendo utilizado para expandir o conhecimento em outras regiões Devonianas, em exemplo de como descrito por Scheffler (2020) no noroeste da Bacia do Paraná, no estado de Mato Grosso do Sul.

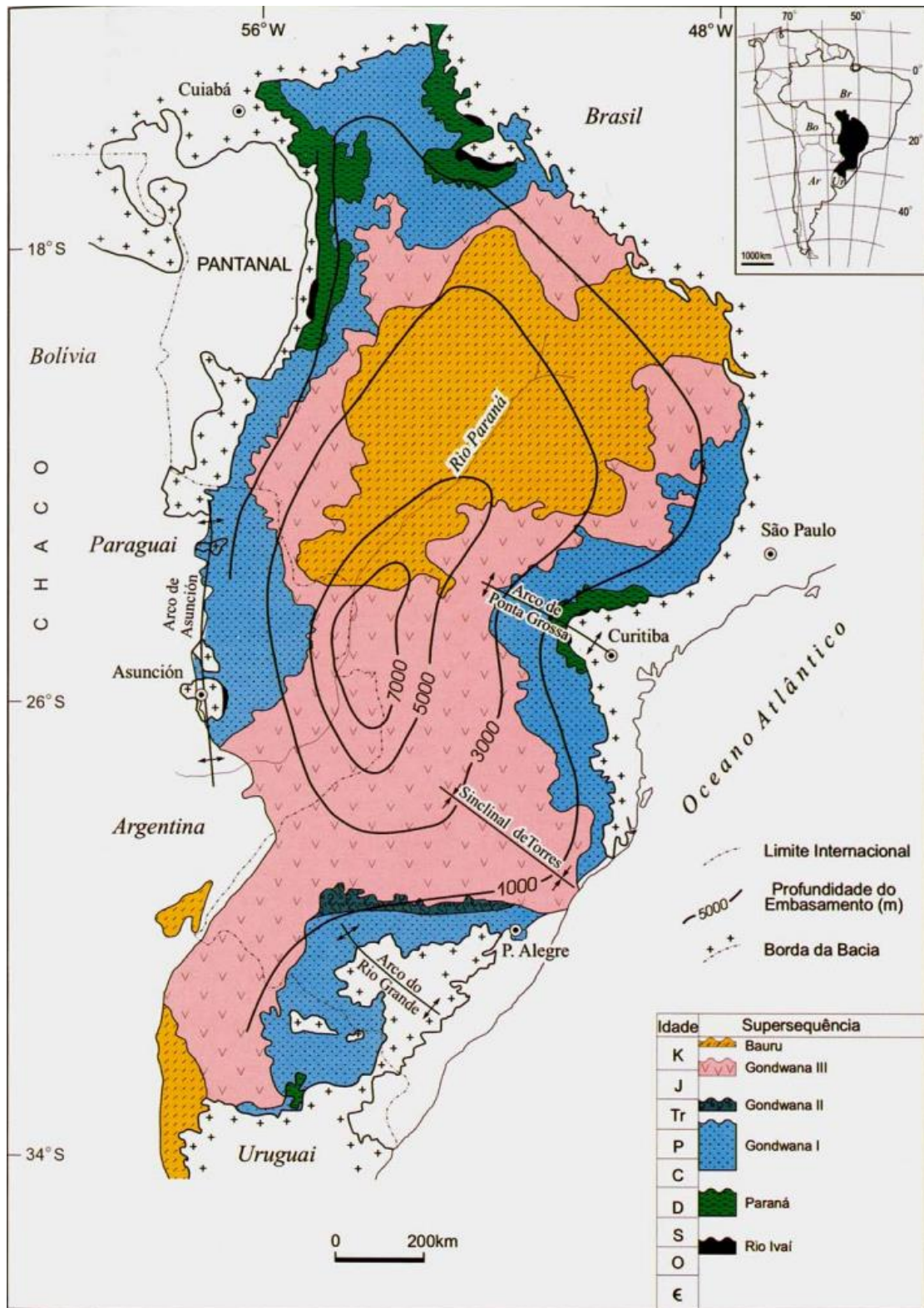
Neste Trabalho, é visada a análise comparativa da tafonomia e eventuais tafofácies das plantas fósseis do Devoniano do Paraná encontradas na Formação Furnas; utilizando-se da análise de amostras contendo de maneira abundante fragmentos de plantas compreendendo exemplares do gênero *Cooksonia* (Lang, 1937), incluindo a espécie *Cooksonia paranensis* (Gerrienne *et al.*, 2001). O emprego da classificação e análise tafonômica e de tafofácies das plantas fósseis encontrados em afloramento de Carambeí busca elucidar questões de paleoambiente e suas eventuais influências nas condições ambientais de preservação fossilífera. Mencionado pela primeira vez pelo trabalho de Bolzon *et al.* (1994), a associação da tafoflora do quilômetro 317,5 da rodovia PR-151 foi descrita morfológica e anatomicamente por Machado (2004). Esta monografia busca analisar as feições tafonômicas e a interpretação de tafofácies desses exemplares, presentes na coleção de Paleobotânica do Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia da UFPR, com as análises presentes no trabalho de Martins *et al.* (2018).

## **2. REVISÃO TEÓRICA**

### **2.1. GEOLOGIA REGIONAL**

A Bacia do Paraná (Figura 1) é uma bacia sedimentar intracratônica que se estende por uma área aproximada de 1,4 milhão de quilômetros quadrados, apresentando uma espessura total máxima de 7 mil metros e uma forma oval com maior eixo na orientação Norte-Sul, com limites marcados por relações de erosão (Milani *et al.*, 2007).

Segundo Milani (1997), a bacia de aproximadamente 400 milhões de anos compreende rochas de idades no intervalo do Ordoviciano Superior até o Cretáceo Superior (Assine, 1996), possuindo 6 supersequências em registro: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero Superior-Triássico Inferior), Gondwana II (Triássico médio ao superior), Gondwana III (Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior) e Bauru (Cretáceo Superior). (Milani *et al.*, 2007).

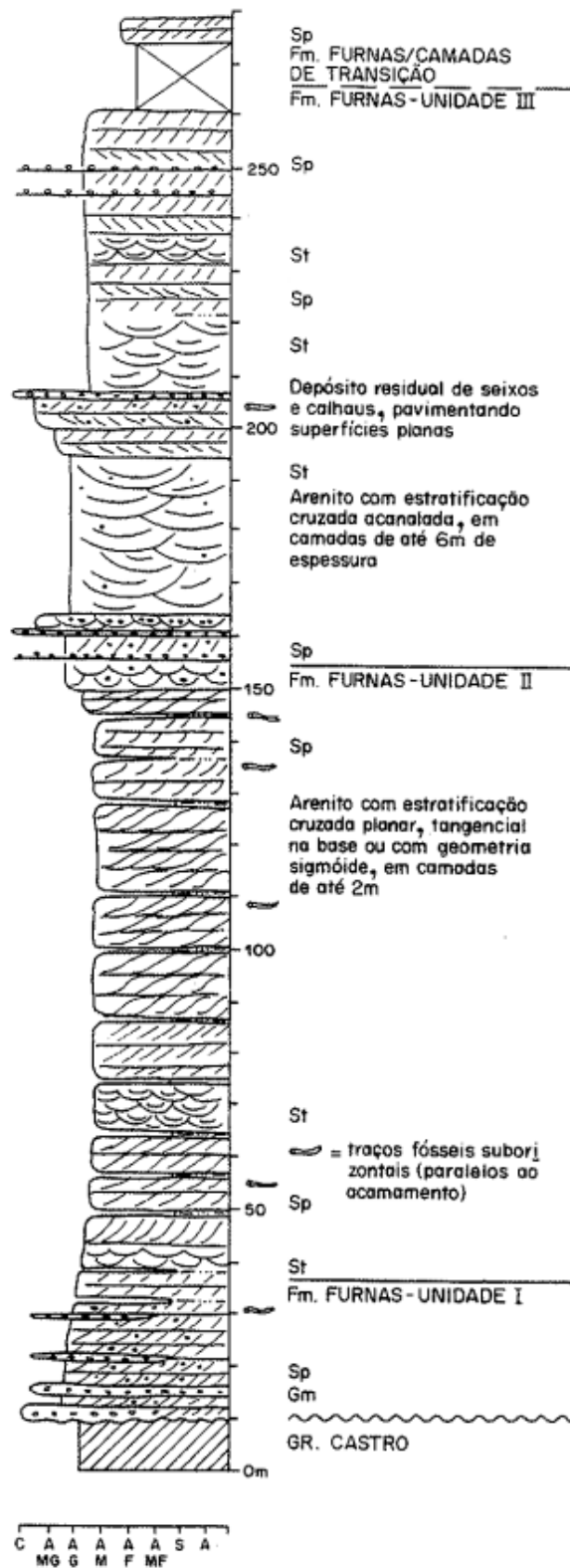


**Figura 1:** Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná; indicando o posicionamento da bacia na porção sul do continente americano e destacando as supersequências que a compõem. **Fonte:** Milani, (2004).

A Supersequência/Grupo Paraná representa o período Devoniano da Bacia do Paraná e demonstra uma atuação de um ciclo transgressivo. O grupo Paraná é subdividido em duas Formações: Formação Furnas, sendo a porção mais basal; e a Formação Ponta Grossa, sendo a porção mais superior do Grupo Paraná (Lobato & Borghi, 2005). Segundo Lobato e Borghi (2005), a Formação Ponta Grossa é constituída predominantemente por folhelhos, enquanto a Formação Furnas é composta principalmente por arenitos finos a grossos e subordinadamente litologias de granulação mais fina principalmente no topo estratigráfico da formação.

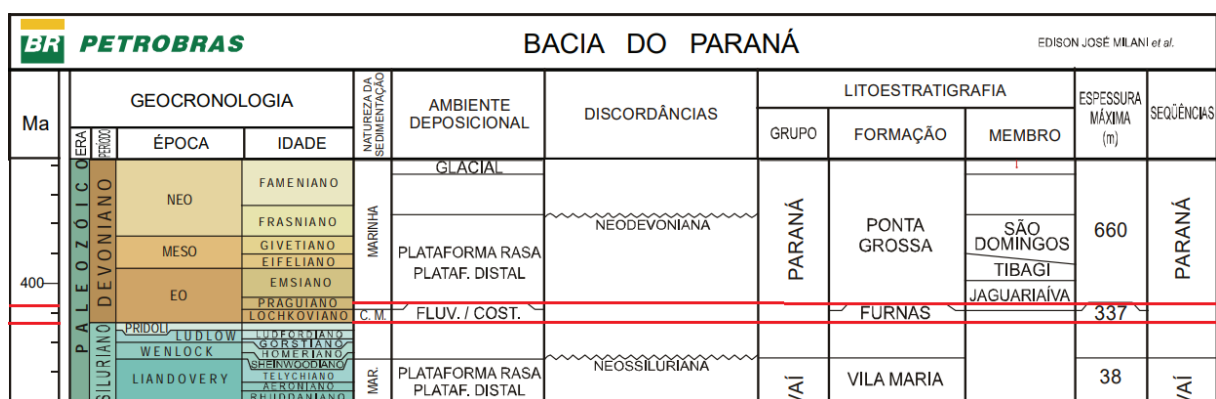
### **2.1.1 Formação Furnas**

A Formação Furnas é descrita possuindo 3 unidades separadas por associações faciológicas que se sucedem verticalmente (Assine, 1996). As unidades são divididas em: Unidade I (inferior), Unidade II (média) e Unidade III (superior). Segundo Assine (1996), a unidade I (mais basal), possui como característica fácies compostas por arenitos médios a muito grossos, incluindo estratos conglomeráticos. A unidade II (intermediária), apresenta característicos arenitos finos a grossos com ocorrência de gradações de siltitos argilosos. A unidade III (mais superior), apresenta arenitos médios a grossos, com raras associações de ocorrência heterolíticas; como folhelhos. Um afloramento que engloba as 3 unidades foi detalhado por Assine (1996) na região do Guartelá (Figura 2).



**Figura 2:** Coluna estratigráfica do afloramento da Formação Furnas no *canyon do Rio Iapó*, na região do Guartelá. É considerado o afloramento mais representativo da Formação Furnas, contendo as 3 unidades descritas por Assine (1996). Modificado de Assine (1996).

Em consideração ao estudo da análise estratigráfica e de ambientes deposicionais da Formação Furnas, Lobato e Borghi (2005) realizaram interpretações de ciclos deposicionais e análises faciológicas para interpretar o paleoambiente de formação desta parte da bacia. Com o auxílio do estudo de mudanças de paleocorrentes, foram descritos intervalos com características geológicas semelhantes, empreendendo os sistemas deposicionais: Flúvio-deltaico entrelaçado; Deltaico entrelaçado (estuarino/maré); e por fim e mais antigo, um sistema deposicional marinho raso de maré (plataformal) (Lobato e Borghi, 2005), determinando um ambiente deposicional fluvial/costeiro (Figura 3).



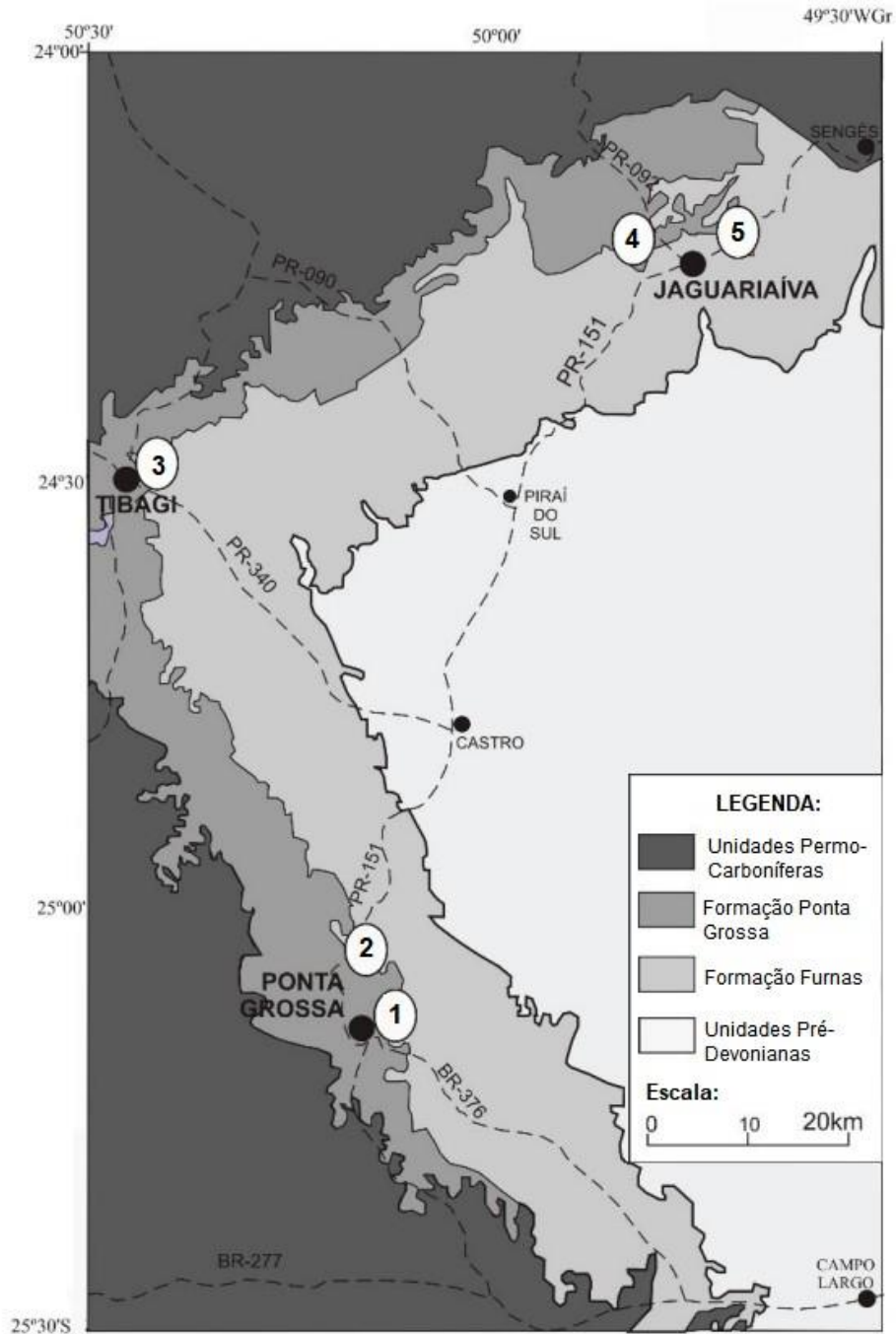
**Figura 3:** Recorte da carta cronoestratigráfica da Bacia do Paraná destacando a posição da formação Furnas na Superseqüência/Grupo Paraná, e seus ambientes deposicionais. Modificado de Milani *et al.* (2007b).

Relacionado à região do topo da Formação Furnas, na margem sudeste da Bacia do Paraná, há ocorrências de fósseis e icnofósseis. A assembléia fossilífera e de icnofósseis presentes nos níveis pelíticos da Formação, juntamente ao estudo de fácies sedimentares e paleocorrentes, ajuda a decifrar as características de paleoambiente. (Assine, 1999). As Figuras 4 e 5 apresentam as localidades de afloramentos conhecidos que contêm fósseis vegetais primitivos do Paraná (Figura 4) e da Formação Furnas (Figura 5). Gerrienne *et al.* (2020), utilizando-se dos trabalhos anteriores de Dino e Rodrigues (1995) e Mussa *et al.* (1996) que tratam do conteúdo palinológico e de macrofósseis, realizou um estudo que estreita a idade dos fósseis da Formação Furnas entre as idades do início do Lochkoviano com o limite superior sendo estabelecido no início do Praguiano, no Devoniano Inferior. Assim, considera-

se tratar de uma Formação de idade Lochkoviana, considerando principalmente a assembleia fossilífera disponível.



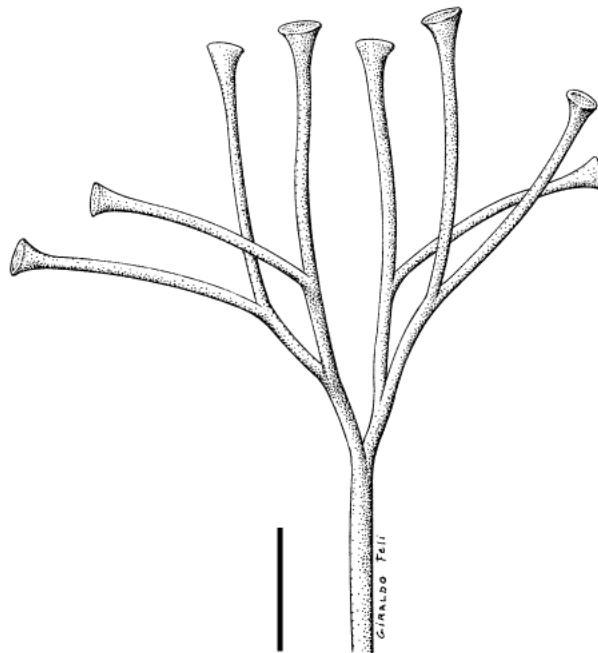
**Figura 4:** Mapa de localização regional do afloramento estudado. Trata também de outras ocorrências de plantas terrestres no Paraná. (A) Jaguariaíva, PR (Mussa *et al.*, 1996). (B) Tibagi, PR (Bigarella *et al.*, 1966). Modificado de Milagres *et al.* (2018).



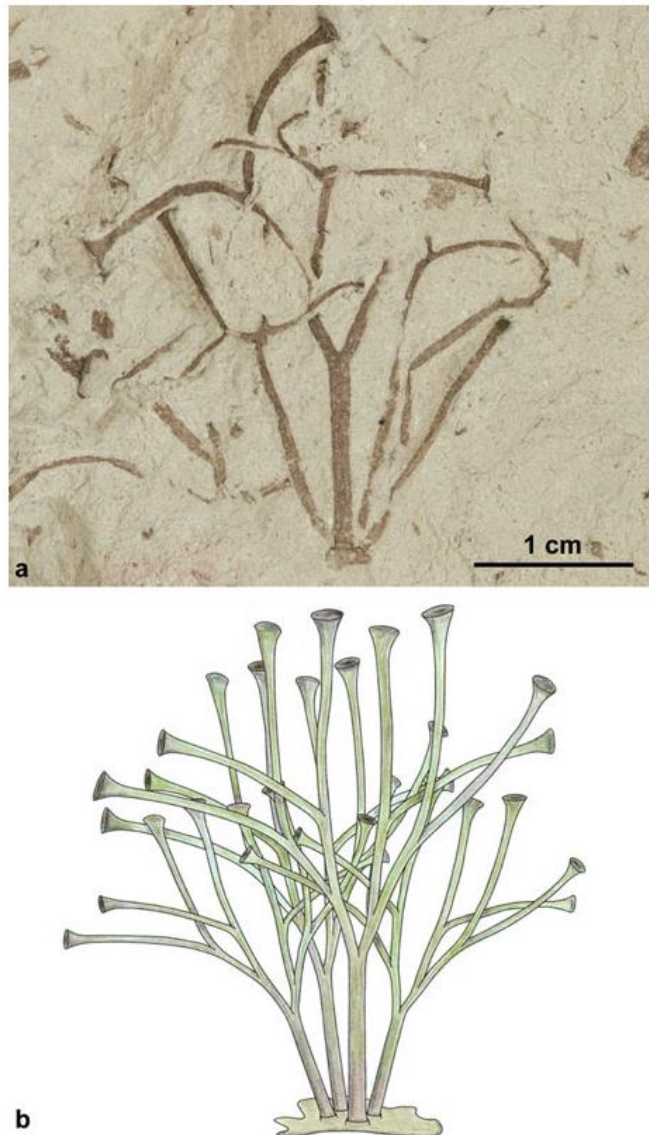
**Figura 5:** Mapa indicando a localização das áreas de estudo da tafoflora na Formação Furnas. (1) Localidade do afloramento Vila 31 de março (Rodrigues *et al.*, 1989). (2) Localidade do afloramento Carambeí. (Bolzon *et al.*, 1994; Milagres, 2003; Milagres *et al.*, 2007; Machado *et al.*, 2007). (3) Localidade do afloramento de Tibagi (Bigarella *et al.*, 1966). (4) Localidade do afloramento PISA (Mussa *et al.*, 1996, 2002; Gerrienne *et al.*, 2001; Milagres, 2003; Milagres *et al.*, 2007). (5) Localidade do afloramento Jackson de Figueiredo (Mussa *et al.*, 1996,2002; Gerrienne *et al.*, 2001,2006; Gonez e Gerriene, 2010b). Modificado de Milagres *et al.* (2018).

## 2.2. PALEONTOLOGIA

Machado (2004) identificou taxonomicamente fósseis de plantas relacionados à Formação Furnas em afloramento na rodovia PR-151, que liga Ponta Grossa a Castro, na cidade de Carambeí, Paraná. O trabalho possui uma análise sistemática envolvendo a morfologia e anatomia das plantas fósseis encontradas em siltito. Os restos vegetais apresentam diferentes estados de preservação, com associações mais fragmentadas e dispersas. As espécies *Cooksonia paranensis* (Figura 6) e *Cooksonia sp.* foram identificadas no afloramento estudado (Machado, 2004; Machado *et al.*, 2017 e Milagres *et al.*, 2018). As amostras são, em grande parte, preservadas na forma de eixos estéreis ou esporângios isolados, porém podendo possuir espécimes completas com eixos férteis (Figura 7a, 7b).



**Figura 6:** Reconstrução da espécie *Cooksonia paranensis*. Fonte: Gerrienne (2001).



**Figura 7:** (a) Fóssil da espécie *Cooksonia paranensis* da localidade do afloramento de Jackson de Figueiredo apresentando eixos férteis e (b) sua reconstituição interpretativa. Fonte: Gerrienne *et al.* (2020).

As plantas do gênero *Cooksonia* são considerados como as plantas vasculares mais antigas classificadas (Banks, 1992) e possuem grande importância paleogeográfica pelos modelos de propagação terrestre com base nos acontecimentos geotectônicos do Ordoviciano e Devoniano propostos por Dalziel *et al.* (1994) em um modelo que vários autores basearam suas explicações da difusão da flora terrestre primordial; como descrito no trabalho da tafloflora devoniana de Gerrienne (2001).

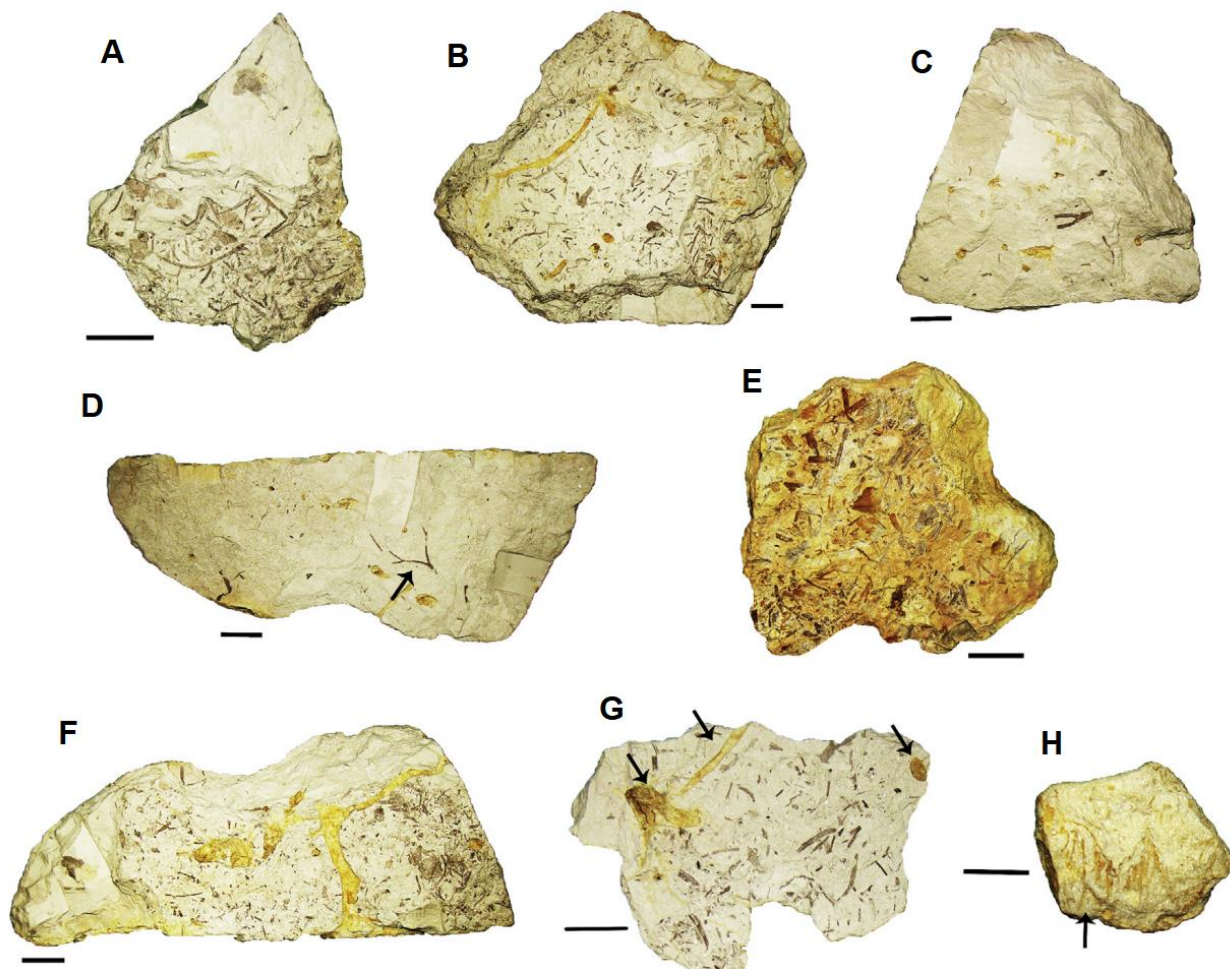
A chamada paleofitogeografia do Devoniano começou a ser debatida com a proposta de Wnuk (1996) para subdividir a paleoflora devoniana em três grandes domínios paleofitogeográficos: Domínio Angárico, Domínio Euramericano e Domínio Gondwânico.

O domínio Gondwânico é alvo do estudo para a compreensão dos diferentes registros paleobotânicos do Devoniano, inclusive podendo diferenciar o momento do aparecimento de espécies que ocorrem em continentes distintos, assim como uma comparação direta entre bacias sedimentares diferentes. O estudo de Matsumura (2015) sintetiza a ocorrência das plantas fósseis devonianas no Brasil em diferentes unidades litoestratigráficas além da Formação Furnas da Bacia do Paraná, incluindo as bacias sedimentares do Amazonas e Parnaíba. O estudo também destaca a grande semelhança de alguns aspectos tafonômicos através de diferentes ocorrências na América do Sul, principalmente pela alta fragmentação dos restos vegetais por conta da deposição em ambiente marinho raso, que tende a prejudicar o estudo taxonômico das diferentes espécies. Essa característica prejudica a identificação do material, como observação dos esporângios isolados.

### **2.2.2 Tafonomia e estudo de tafofácies**

O estudo da tafonomia envolve os estudos dos processos desde a morte do organismo até a diagênese e a fossilização (Holz e Simões, 2002). O estudo da história tafonômica de restos de plantas fósseis compreende o tipo e nível de desarticulação (correlacionado aos efeitos do transporte envolvido) e as feições diagenéticas do material que preserva o fóssil.

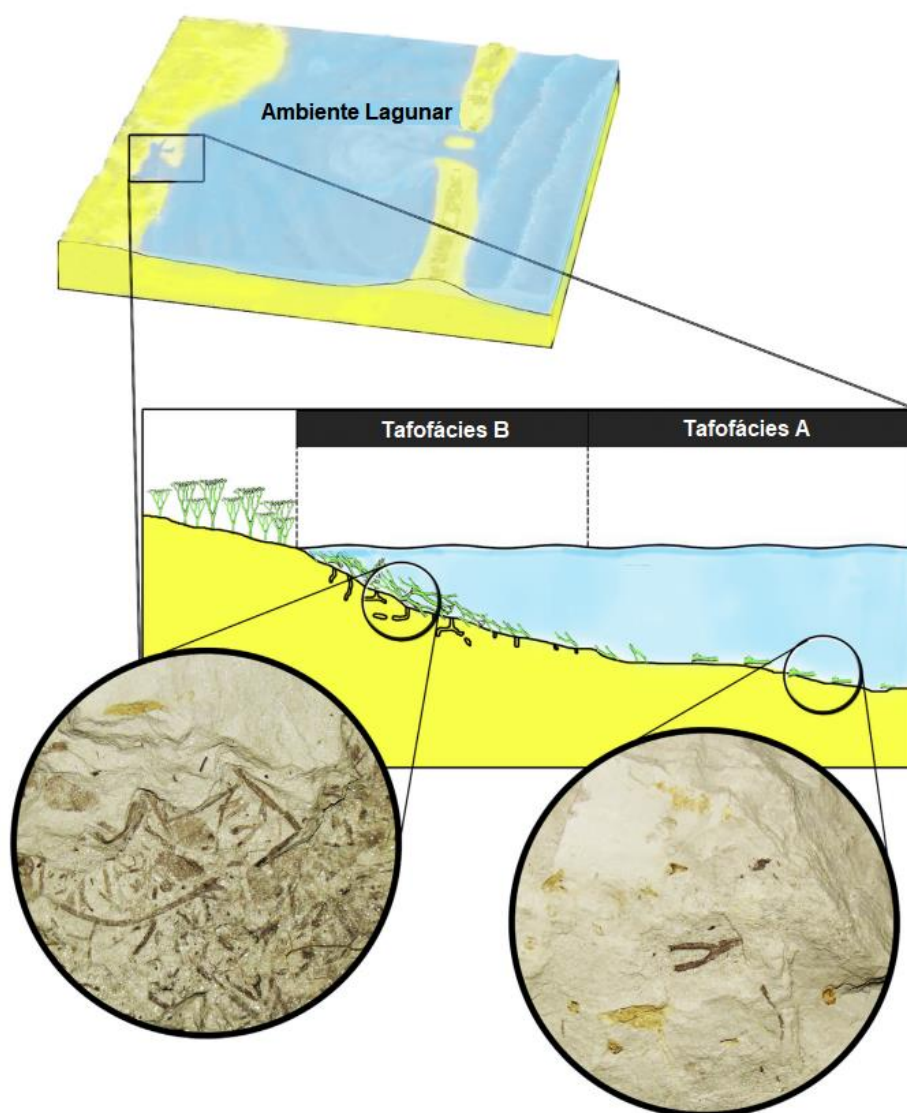
Em seu estudo de plantas fósseis do afloramento de Jackson de Figueiredo (Figura 5), Martins *et al.* (2018) utilizou os seguintes critérios de descrição tafonômica: análise do grau de empacotamento; orientação relativa dos restos vegetais; grau de fragmentação; presença de icnofósseis; e análise do tamanho e da porcentagem de mica. As amostras tafonomicamente representativas são mostradas na Figura 8.



**Figura 8:** Amostras representativas das análises tafonômicas efetuadas no trabalho de Martins *et al.* (2018) em referência às amostras de fósseis vegetais. (A) Densamente empacotado; (B) Parcialmente empacotado; (C) Empacotamento disperso; (D) Exemplar fóssil completo, sem fragmentação, indicado pela seta; (E) Exemplares fósseis parcialmente fragmentados; (F) Exemplares de plantas fósseis fragmentadas; (G) Indicador da presença de icnofósseis, indicados pela seta; (H) Amostra indicando relativa orientação. Modificado de Martins *et al.* (2018).

O estabelecimento de um modelo tafonômico dos materiais fósseis e as litologias envolvidas em sua preservação geram a chamada tafofácies; uma correlação direta entre a tafonomia e de uma determinada fácies sedimentar (Brett e Baird, 1986). A tafofácies é qualificada por feições de preservação do fóssil, como: grau de desarticulação, fragmentação e corrosão que incluem as feições resultantes dos processos de abrasão, dissolução e bioerosão. Alguns atributos tafonômicos não podem ser devidamente aplicados ao estudo da tafoflora.

Martins *et al.* (2018) utiliza-se da análise da tafonomia para buscar informações sobre paleolinhas de costa do Devoniano da Bacia do Paraná. Utilizando-se dos métodos descritos no livro de Holz e Simões (2002), Martins *et al.* (2018) conseguiu elaborar duas tafofácies distintas (Figura 9) para outro afloramento do flanco sudeste da Bacia do Paraná, agrupando informações tafonômicas distintas. As informações sobre orientação, empacotamento, fragmentação e análise da porcentagem e tamanho do material micáceo foram os principais atributos tafonômicos para delimitar as tafofácies na camada fossilífera do afloramento Jackson de Figueiredo.



**Figura 9:** Modelo de correlação entre tafonomia e tafofácies utilizada no trabalho de Martins *et al.* (2018); encaixando feições tafonômicas em determinadas tafofácies A e B, e as tafofácies geradas em um contexto de ambiente sedimentar lagunar. Modificado de Martins *et al.* (2018).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O afloramento estudado em questão fica no município de Carambeí, na rodovia PR-151, no quilômetro 317,5 (Figura 10). A camada que há grande concentração de fósseis possui cerca de 70 centímetros, com variações na concentração fossilífera e no empacotamento do material na matriz. Para o estudo do afloramento, foi utilizado um perfil estratigráfico (Figura 11) elaborado por Assine (1996), que representa estratigraficamente o afloramento de Carambeí. No estudo de Assine (1996), foi dado destaque ao nível fossilífero onde as amostras deste estudo foram coletadas, além da análise de paleocorrentes.

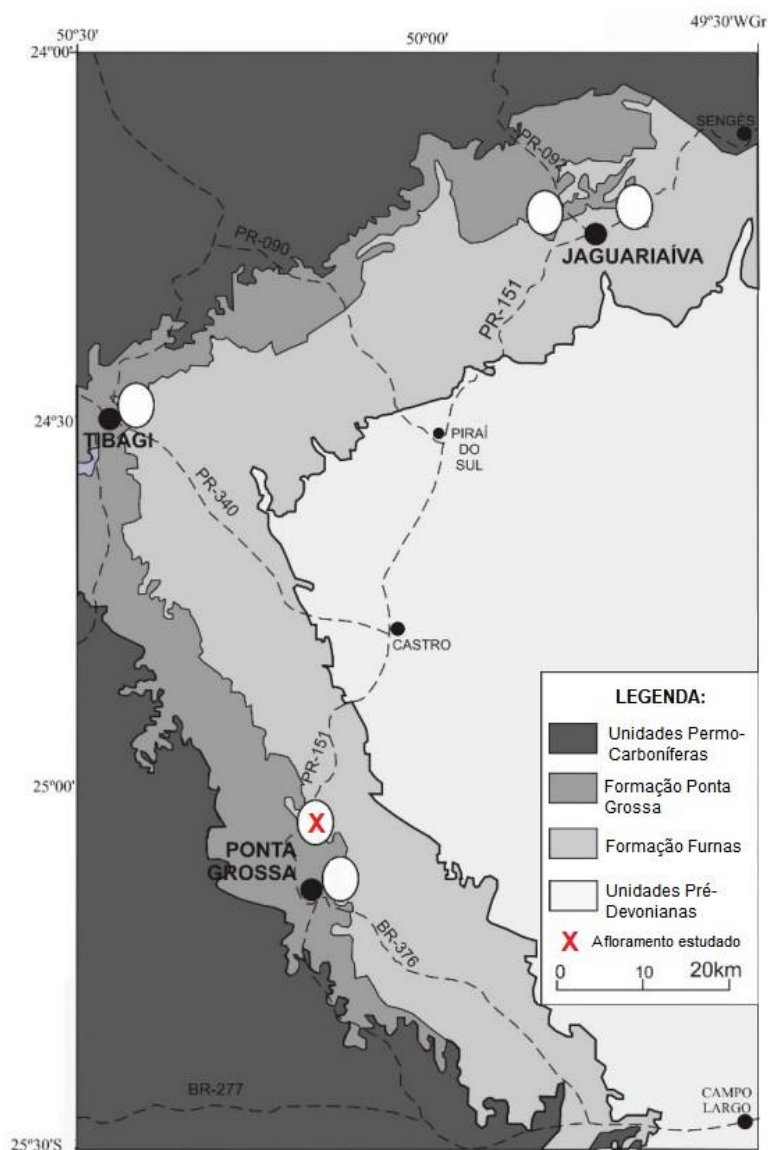
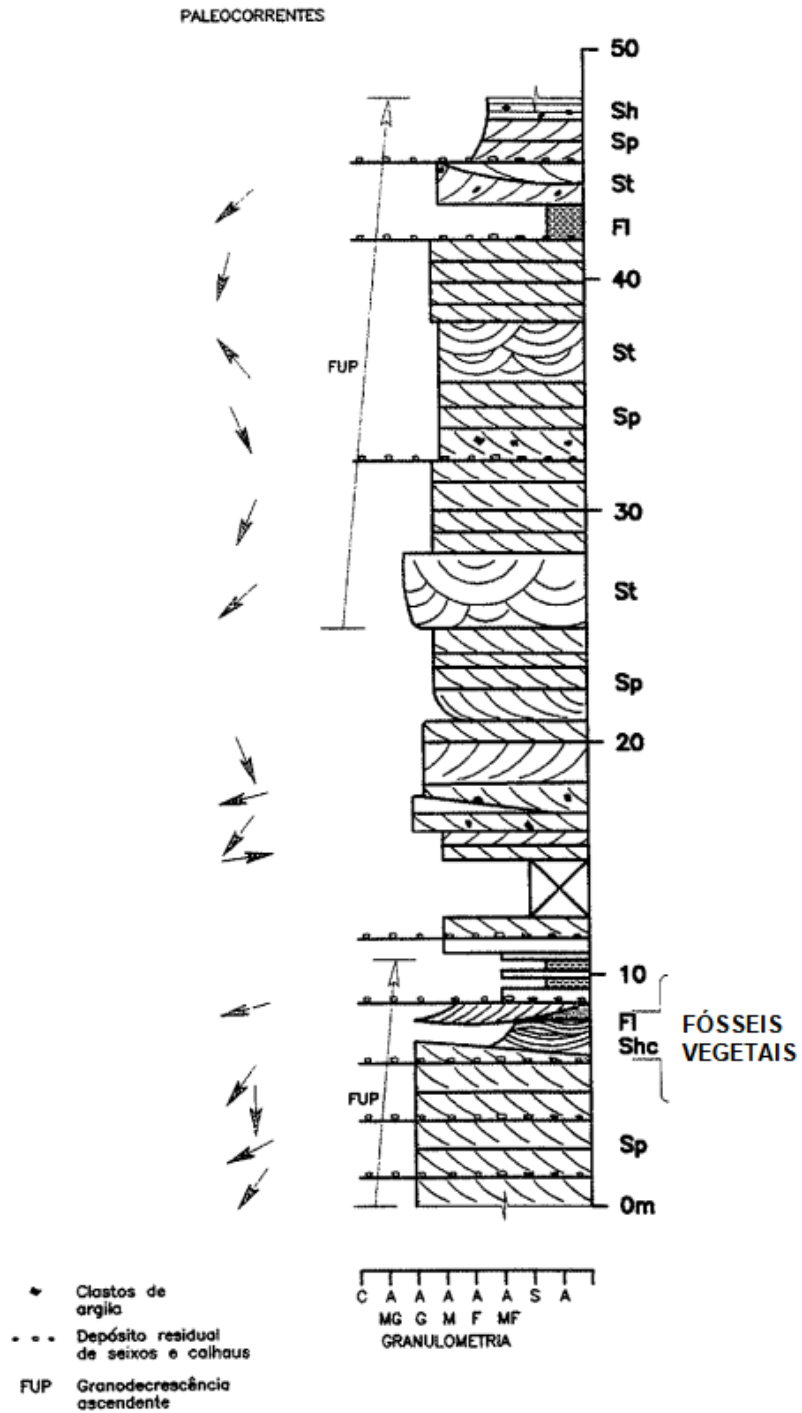


Figura 10: Mapa de localização do afloramento estudado. Modificado de Milagres *et al.* (2018).



**Figura 11:** Perfil litoestratigráfico do afloramento estudado, indicando o local de acumulação dos fósseis vegetais. Modificado de Assine (1996).

O material previamente coletado, presente no repositório na Coleção de Paleobotânica do Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia da UFPR, passou por análise baseada nos princípios e metodologias inerentes do estudo da tafonomia. Com o auxílio de uma lupa de aumento 10x e um paquímetro, foram analisadas 70 amostras ao total, atentando-se com o tamanho dos fragmentos estudados.

Na análise e descrição das feições tafonômicas dos fósseis foram utilizados os métodos elaborados por Holz e Simões (2002) e implementados no trabalho de Martins *et al* (2018). Neste trabalho, foram utilizadas as análises referentes ao grau de empacotamento do material vegetal fóssil em relação à matriz; à orientação relativa do material fóssil presente nas amostras; ao grau de fragmentação das espécies vegetais, à porcentagem e tamanho de mica e a presença de icnofósseis; como descritos em Martins *et al.* (2018). Após isso, foram feitas análises quantitativas para a correlação de possíveis tafofácies presentes nas amostras disponíveis em coleção.

#### **4. RESULTADOS**

Foi realizado um processo de triagem prévia do material disponível analisando a matriz sedimentar das amostras, as condições de preservação dos fósseis e as condições quantitativas do conteúdo fossilífero. Dentro de um grupo de 70 amostras, 62 puderam ser qualificadas aptas para realizar as análises tafonômicas necessárias para o estudo do material fóssil carbonificado.

## 4.1 ANÁLISE TAFONÔMICA

As amostras puderam ser analisadas individualmente para elaborar grupos de descrições pertinentes ao estudo do afloramento Carambeí e especialmente dos fragmentos das espécies *Cooksonia paranensis* e *Cooksonia sp.*. O material foi estudado com base em três critérios principais, levando em consideração os métodos descritos em Holz e Simões (2002) e o estudo de Martins *et al.* (2018) das plantas fósseis da região. Os critérios utilizados foram: Grau de empacotamento (Tabela 1), orientação relativa dos fósseis (Tabela 2) e grau de fragmentação (Tabela 3), e são aplicados conforme predominância na amostra analisada.

Após definir as metodologias da tafonomia que seriam utilizados e separá-las em critérios, foi feita a análise de cada amostra com as características referentes. Assim foi possível desenvolver uma tabela descritiva (Anexo I) de todas as informações tafonômicas das amostras disponíveis pertinentes ao estudo; incluindo também aquelas que foram consideradas amostras não utilizáveis.

A descrição dos critérios que foram julgados utilizáveis na triagem do material e algumas de suas amostras correspondentes foram então subdivididas como mostrado a seguir:

### 4.1.1 Grau de empacotamento

O grau de empacotamento das amostras foi analisado e dividido em 3 grupos de características diferentes. Para isso, foi analisado a relação e proporção da sustentação dos bioclastos e sua matriz. Leva-se em consideração o tipo predominante em toda a amostra. Portanto, foi considerado a proporcionalidade aplicada a todos os fragmentos visíveis na amostra, como descrita na Tabela 1.

**Tabela 1:** Tabela de descrição tafonômica com os critérios de grau de empacotamento utilizados.

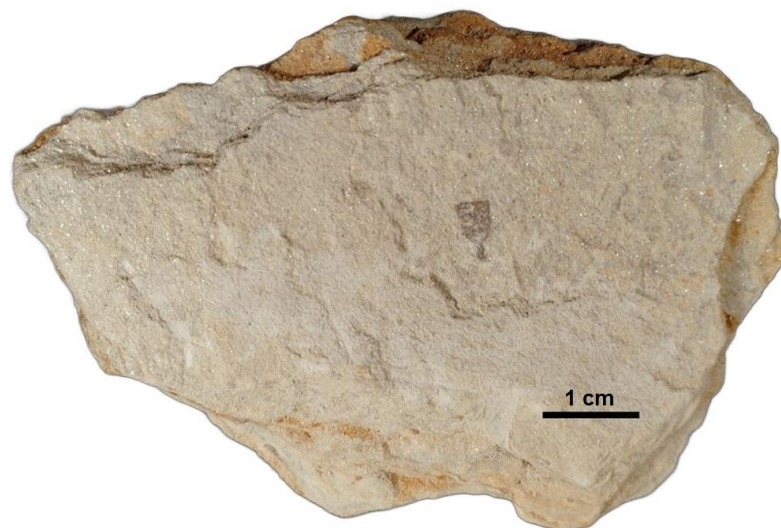
Grau de empacotamento	Descrição e observações	Amostras
Densamente empacotado (1)	Empacotamento denso, com os bioclastos em contato e sendo predominantemente autossustentado ao invés de serem suportados pela matriz.	Pb326 (Figura 12), Pb224, Pb226, Pb247, Pb281
Parcialmente empacotado (2)	Matriz sendo o principal suporte para os bioclastos. Contato e sustentação entre os bioclastos menos frequente, porém ainda existente.	Pb245 (Figura 13), Pb280, Pb289, Pb292, Pb350
Disperso (3)	Matriz sendo o principal suporte mecânico para os bioclastos, com distribuição de fósseis ainda mais esparsas pela matriz.	Pb241 (Figura 14), Pb293, Pb309, Pb314, Pb351



**Figura 12:** Amostra Pb326, mostrando um material fossilífero densamente empacotado (1).



**Figura 13:** Amostra Pb245, apresentando um material parcialmente empacotado (2). Nota-se a matriz sendo o principal suporte para os fósseis, mesmo que alguns bioclastos estejam minoritariamente autossustentados.



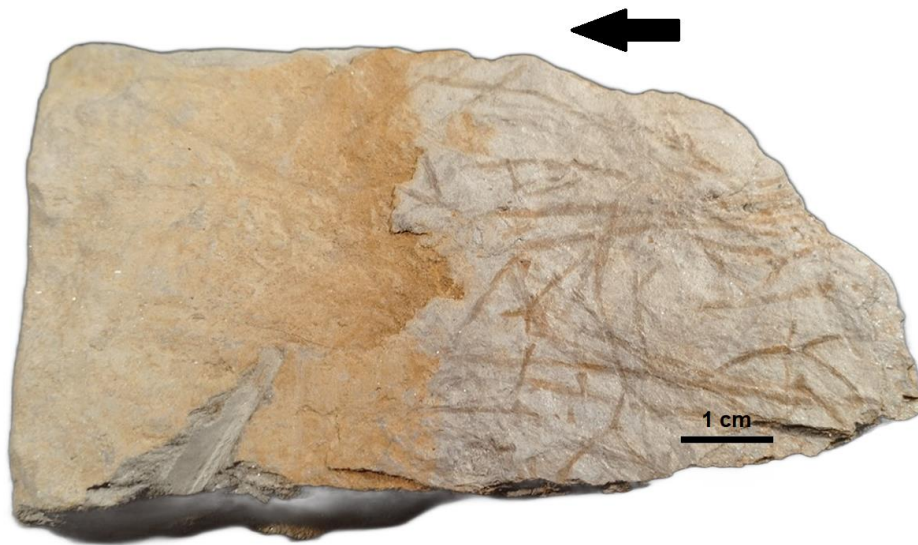
**Figura 14:** Amostra Pb241, mostrando um esporângio disperso (3) na matriz.

#### 4.1.2 Orientação relativa dos fósseis

A orientação relativa dos fósseis foi analisada e dividida em 2 grupos: relativamente orientado e sem orientação. Esse critério é dado em como os fragmentos se organizam na matriz, sendo que nas amostras relativamente orientadas os eixos ou talos são dispostos paralelamente entre si, enquanto as amostras não orientadas não apresentam nenhum tipo de correlação espacial em sua disposição na matriz, como descrito na Tabela 2. Apenas 2 das 62 amostras analisadas se encaixam na categoria relativamente orientado: Pb246 (Figura 15) e Pb247.

**Tabela 2:** Tabela de descrição tafonômica com os critérios de orientação relativa dos restos vegetais fósseis.

Orientação relativa dos restos vegetais fósseis	Descrição e observações	Amostras
<b>Relativamente orientado (1)</b>	Fragmentos fósseis possuem, majoritariamente, uma relativa orientação preferencial e forte paralelismo; seja unimodal ou bimodal.	Pb246 (Figura 15), Pb247
<b>Sem orientação (2)</b>	Os fragmentos fósseis não possuem nenhuma orientação; apresentando uma orientação polimodal. Os fragmentos não possuem orientação espacial na matriz	Pb279 (Figura 16), Pb209, Pb 220, Pb245, Pb353



**Figura 15:** Amostra Pb247, mostrando um material fóssil relativamente orientado (1). Seta indicando relativa orientação dos eixos vegetais. Não há registro de orientação da amostra em afloramento.



**Figura 16:** Amostra Pb279, sem apresentar nenhuma orientação aparente (2) em seu todo.

### 4.1.3 Grau de fragmentação

O grau de fragmentação das amostras foi analisado e dividido em 3 grupos de características diferentes. Para isso, foram considerados critérios de proporcionalidade na amostra como um todo. As amostras que apresentaram um maior número de espécimes de determinado grau de fragmentação em relação a outro grupo foram consideradas predominantes e foram utilizadas para o estudo, como descrito na Tabela 3

Dito isso, uma amostra considerada na categoria do grupo parcialmente fragmentado (2), poderá apresentar eixos férteis e fragmentos superiores a 2 cm. Porém, proporcionalmente, os fragmentos entre 1 e 2 cm são mais frequentes.

**Tabela 3:** Tabela de descrição tafonômica com os critérios de grau de fragmentação utilizados.

Grau de fragmentação	Descrição e observações	Amostras
<b>Completo (1)</b>	Fragmentos contínuos acima de 2 cm são os mais abundantes. Frequentemente apresenta eixos férteis completos e eixos dicotômicos.	Pb353 (Figura 17), Pb243, Pb246, Pb279, Pb322,
<b>Parcialmente fragmentado (2)</b>	Fragmentos entre 1 cm e 2 cm são mais abundantes na amostra. Não exclui a existência de fragmentos completos e conectados e maiores do que 2cm, porém aparecem em menor frequência no total da amostra.	Pb245 (Figura 18), Pb280, Pb287, Pb293, Pb324
<b>Fragmentado (3)</b>	Fragmentos de até 1 cm são os mais frequentes na amostra. Correlativamente, quase não existem conexão entre eixos e esporângios.	Pb326 (Figura 19), Pb241, Pb307, Pb308, Pb351



**Figura 17:** Amostra Pb353, indicando uma amostra de grau de fragmentação do tipo completo (1). Nota-se a dicotomia dos eixos e a conexão eixo/espórângio no espécime indicado pela seta.



**Figura 18:** Amostra Pb245, apresentando um grau de fragmentação parcial (2). Deve-se notar que possuem eixos e indivíduos com mais de 2 cm. Porém, de maneira geral, fragmentos de 1 cm a 2 cm são mais comuns. Nota-se uma grande quantidade esporângios desconectados na matriz.

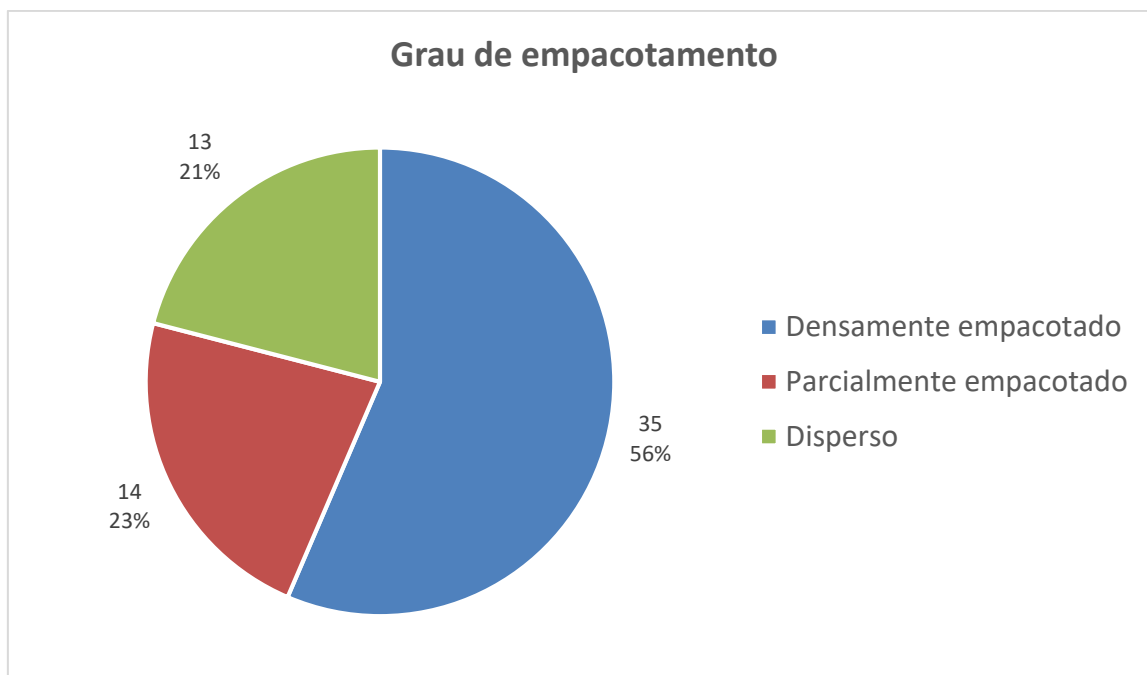


**Figura 19:** Amostra Pb326, apresentando uma predominância de material altamente fragmentado (3) menores do que 1 cm.

#### **4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS TAFÔNICOS**

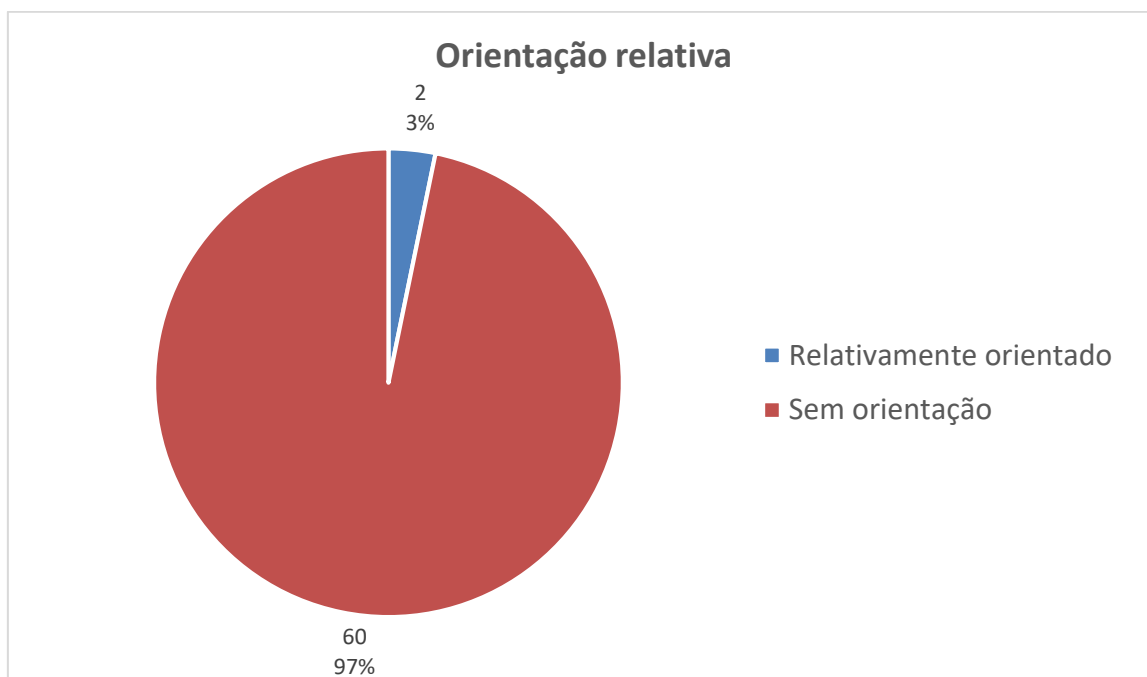
Após as amostras serem descritas e tabeladas (Anexo I), foram gerados gráficos de setores para a melhor visualização de cada critério da análise tafonômica e suas respectivas porcentagens em relação ao total das 62 amostras analisadas. Os gráficos tratando do grau de empacotamento (Gráfico 1), orientação relativa (Gráfico 2) e grau de fragmentação (Gráfico 3).

**Gráfico 1:** Gráfico de setores mostrando grau de empacotamento das 62 amostras analisadas.



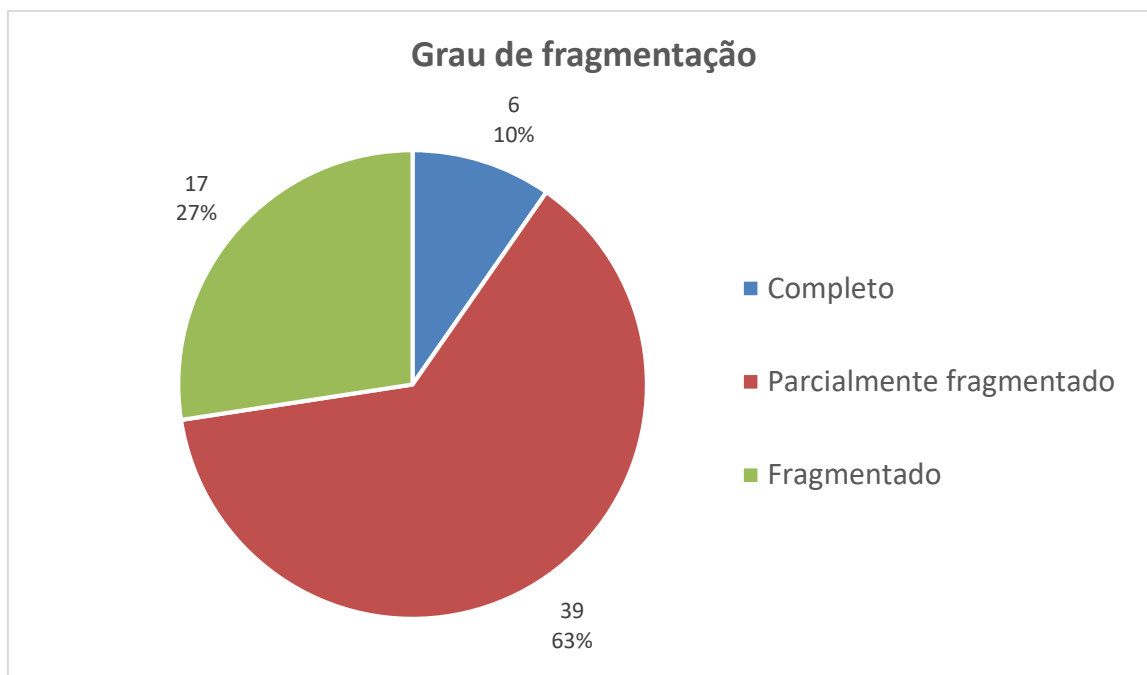
É apresentado uma predominância no grau de empacotamento do tipo densamente empacotado (56% das amostras), enquanto as categorias parcialmente empacotados e dispersos apresentam uma proporção muito parecida, com 23% e 21%, respectivamente.

**Gráfico 2:** Gráfico de setores mostrando orientação relativa das 62 amostras analisadas.



As amostras analisadas são, predominantemente, sem nenhum tipo de orientação relativa aparente. Apenas 3% das amostras apresentam algum grau de orientação em comparação a 97% das que não apresentam orientação nenhuma. Esse critério foi o que conteve maior discrepância entre os três critérios desenvolvidos.

**Gráfico 3:** Gráfico de setores mostrando grau de fragmentação das 62 amostras analisadas.



Em relação ao grau de fragmentação analisados nas amostras disponíveis, o grupo intermediário de fragmentação parcial é predominante entre os 3 grupos estabelecidos. Apresentando este critério em 63% das amostras, exibe uma grande diferença para o segundo atributo mais comum, o de fragmentado, com 27% das amostras. Atenta-se que as amostras com a predominância de espécimes completos é minoria.

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES FINAIS

Foram observados, a partir do estudo das amostras disponíveis, algumas tendências diretas de correlação entre os três critérios analisados no estudo tafonômico. A principal delas foi a correlação entre o material estar densamente empacotado e estar parcialmente fragmentado ou completo. Essa correlação pode ser apenas coincidência estatística pelo número de amostragem. Porém, em uma situação contrária, as amostras que apresentam grau de empacotamento do tipo isolado não necessariamente apresentam fósseis completos. Com exceção da amostra Pb353 (Figura 17), as amostras apresentando fósseis dispersos costumam

ser fragmentadas ou parcialmente fragmentadas. Esse tipo de análise leva ao pensamento da tafoflora estudada ser dividida em tafofácies: a divisão dos aspectos tafonômicos em conjunto a características paleoambientais e estratigráficas.

Para estabelecer uma correlação dos resultados obtidos a partir da análise tafonômica sistemática das amostras, é necessário pensar nos dados tafonômicos como características únicas formadoras de uma tafofácies. No trabalho de Martins *et al.* (2018), foi desenvolvido um método de análise estatística que buscava separar as características tafonômicas em tafofácies das plantas fósseis do afloramento Jackson de Figueiredo. Para isso, buscou um valor de similaridade entre os atributos de cada amostra analisada e montou duas tafofácies: Tafofácies A e tafofácies B. (Figura 11)

Martins *et al.* (2018) definiu que a tafofácies A apresenta fósseis dispersos na matriz, com fósseis apresentando alta fragmentação, uma alta porcentagem de mica (com tamanho variando entre 0,5 mm e 1 mm) e presença de icnofósseis. A tafofácies B, por outro lado, é densamente empacotado, com fragmentação parcial, uma baixa porcentagem de mica (com tamanhos inferiores ao da outra tafofácies), e também possui presença de icnofósseis.

Porém, não foi possível identificar nenhum tipo de icnofóssil nas amostras analisadas, de maneira vertical ou horizontalmente orientados. Os trabalhos de referência citam a presença de icnofósseis do tipo *Planolites isp.* (Martins *et al.*, 2018), porém não foi possível averiguar a existência nas amostras disponíveis. Um estudo dirigido para a ocorrência de icnofósseis em outros afloramentos conhecidos da região, como o PISA e Tibagi, podem tentar buscar correlações com a presença de icnofósseis da localidade Jackson de Figueiredo.

A análise da mica nas 70 amostras disponíveis no estudo não apresentavam uma relativa diferenciação como na apresentada no afloramento de Jackson de Figueiredo (Martins *et al.*, 2018), não sendo possível efetivamente elaborar agrupamentos entre as informações dos minerais micáceos. As amostras, de modo geral, apresentavam possuir o mesmo padrão de porcentagem e tamanho de mica. Essa correlação pode ser estabelecida com um estudo estratigráfico nos afloramentos mencionados no trabalho.

Nesse estudo do afloramento de Carambeí, apesar da semelhança taxonômica entre os exemplares da tafoflora de Jackson de Figueiredo (Martins *et al.*, 2018; Gerriene *et al.*, 2020), o significado e o peso tafonômico difere muito entre as duas localidades. Primeiramente, a análise de mica, que se mostrou muito importante na análise das tafofácies de Jackson de Figueiredo (Martins *et al.*, 2018), se mostrou ineficaz no presente trabalho por conta de sua característica de distribuição unimodal.

Porém, algo a ser notado e que pode trazer uma informação importante do paleoambiente do afloramento de Carambeí é que independente do grau de fragmentação e empacotamento dos fósseis, os fragmentos encontram-se bem selecionados em relação ao tamanho, sejam eles categorizados como completos até fragmentados. Porém, essa informação só pode ser usada com asserção caso as amostras tivessem sido orientadas em afloramento e entre elas.

Portanto, em uma comparação direta ao trabalho de Martins *et al.* (2018), o afloramento de Carambeí em sua maioria possui uma semelhança a constituição da tafofácies B do afloramento de Jackson de Figueiredo, apresentando um grau de empacotamento alto e fragmentação parcial predominante. Algo semelhante à tafofácies A, com fósseis dispersos e fragmentados também é visto no afloramento de Carambeí. Porém, a porcentagem de amostras apresentando as características da tafofácies B é muito maior. Define-se então que a tafofácies B é predominante no afloramento, e que uma possível tafofácies A comparativa ao afloramento Jackson de Figueiredo não pode ser estabelecido com convicção.

Segundo Martins *et al.* (2018), o provável paleoambiente da tafofácies B remete um local de menor energia, explicando a acumulação de fósseis mais densa e sem orientação. Isso também auxilia a delimitar que os fósseis possuem uma assembleia parautóctone e que podem possuir um significado paleogeográfico mais certo. Esse tipo de estudo pode desenvolver modelos paleogeográficos regionais. Este trabalho concluiu que é possível determinar semelhanças de tafofácies na determinação de reconstruções paleoambientais.

O afloramento atualmente encontra-se com densa vegetação e forte intemperismo, impossibilitando uma análise estratigráfica comparativa atual. Recomenda-se, com o uso das classes tafonômicas desenvolvidas para os

afloramentos Carambeí e Jackson de Figueiredo, uma coleta de fósseis com uma orientação mais estratigráfica, se possível.

Em relação à visão taxonômica do afloramento estudado, e trazendo a luz as informações tafonômicas estudadas, é considerado que o afloramento possui o necessário para a aplicação sistemática da taxonomia, como o apresentado em Machado (2004). Em análise das características tafonômicas, nota-se um número muito alto de esporângios e talos/eixos férteis, que possibilita a identificação geral da tafoflora do afloramento Carambeí. Porém, em comparação, o afloramento Carambeí é muito mais pobre taxonomicamente do que outros afloramentos do topo da Formação Furnas, como descrito por Milagres *et al.* (2018). Milagres descreve taxonomicamente outras 4 espécies (Tabela 4) que não foram possíveis a identificação com as amostras disponíveis na Coleção.

Alguns aspectos tafonômicos são muito limitados pela característica monotípica e poliespecífica da assembleia fóssil do afloramento, assim como a falta de um cuidado de orientação estratigráfica na hora da coleta dos fósseis.

**Tabela 4:** Tabela comparativa de espécies encontradas nas localidades PISA e Carambeí. Modificado de Milagres *et al.* (2018).

ESPÉCIE / TÁXON	PISA	CARAMBEÍ
<i>Aberlemnia caledonica</i>	X	
<i>Cooksonia paranensis</i>	X	X
<i>Edwardsnella campanulata</i>	X	
<i>Hostinella</i> sp.	X	X
<i>Psilophytites</i> sp.	X	
<i>Sporogonites</i> sp.	X	X
<i>Tarrantia</i> sp.	X	

O estudo das plantas fósseis disponíveis no repositório da Coleção de Paleobotânica do Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia da

UFPR traz informações importantes sobre a taxonomia e a tafonomia da taoflora do período. O afloramento Carambeí, junto aos outros afloramentos da Formação Furnas já estudados, pode ser usado para ajudar a reconstruir a história do Devoniano paranaense.

Com base nos resultados discutidos acima, é destaque que o afloramento de Carambeí possui semelhanças tafonômicas a outros afloramentos do topo da Formação Furnas. A taoflora presente neste afloramento, apesar de possuir diferença taxonômicas em comparação a outros locais, apresenta semelhanças nas características tafonômicas e de tafofácies.

Com uma triagem prévia de 62 amostras com fósseis vegetais, foi possível delimitar três critérios tafonômicos pertinentes especialmente ao afloramento em questão, mas que podem ser adaptados a outros afloramentos. A utilização desses critérios em uma análise pôde delimitar características que mostraram uma forte correspondência de um agrupamento de atributos tafonômicos (chamada de tafofácies), que possui como principais semelhanças o grau de empacotamento denso e um grau de fragmentação considerado parcial com outro afloramento da região. A Tafofácies B, descrita por Martins *et al.* (2018) na localidade de Jackson de Figueiredo, também é vista no afloramento de Carambeí. Porém, a definição de uma tafofácies A semelhante a Jackson de Figueiredo não se mostra confiável pela falta de dados que puderam ser aproveitados nas amostras disponíveis em coleção.

De maneira geral, o estudo da tafonomia de um determinado afloramento com ocorrência fóssil se mostra importante para a geração de correspondências paleogeográficas e paleoambientais com outras localidades no mundo. Neste caso, o estudo da taoflora tem como objetivo elucidar a relação das primeiras plantas vascularizadas com a irradiação das plantas no ambiente terrestre, principalmente envolvendo as espécies do gênero *Cooksonia*. Com a análise comparativa, esse trabalho verificou que é possível estabelecer correlações tafonômicas e de tafofácies com afloramentos distantes em centenas de quilômetros, porém pertencentes a uma mesma idade e a um mesmo contexto paleogeográfico.

## REFERÊNCIAS

- Assine M.L. 1996. Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar), USP, São Paulo, SP. 207 p. doi:10.11606/T.44.1996.tde-10112015-154800
- Assine, M.L. 1999. Facies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da Bacia do Parana. Rev. Bras. Geosci.. 29. 357-370. 10.25249/0375-7536.199929357370.
- Banks, H.P. 1992. The classification of early land plants – revisited. *Palaeobotanist* 41:36–50
- Bigarella, J.J *et al.* 1966. Estruturas e texturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. *Boletim da Universidade Federal do Paraná* 18, 114 p
- Bolzon, R.T.; Assine, M.L.; Guerra-Sommer, M. 1994. Ocorrência de *Cooksonia* Lang, 1937 na Formação Furnas, Estado do Paraná. In: Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos, 8, São Paulo, 1994. Resumo das Comunicações, São Paulo, USP, p.11.
- Brett, C. E.; Baird, G. C. 1986. Comparative Taphonomy: A Key to Paleoenvironmental Interpretation Based on Fossil Preservation. *PALAIOS*, 1(3), 207–227. <https://doi.org/10.2307/3514686>
- Dalziel, I.W.D.; Dalla Salda, L.H.; Gahagan, L.M., 1994. Paleozoic Laurentia-Gondwana interection and the origin of the andeanappalachian mountains system. *Geological Society of America Bulletin* 106, 243-252.
- Dino R.; Rodrigues M.A.C. 1995 Palinomorfos Eodevonianos da Formação Furnas – Bacia do Paraná. *Na Acad Brás Ci* 67(1):107–116

- Edwards, D. 1990. Constraints on Silurian and Early Devonian phytogeographic analysis based on megafossils. *Geological Society, London, Memoirs*, 12, 233 - 242.
- Gerrienne, P. *et al.* 2001. An Early Devonian flora, including *Cooksonia*, from the Paraná Basin (Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 116, n. 1, p. 19–38, 1 ago. 2001.
- Gerrienne, P. *et al.* 2020. Earliest Evidence of Land Plants in Brazil. In: Iannuzzi, R., Rößler, R., Kunzmann, L. (eds) *Brazilian Paleofloras*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-90913-4\\_2-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-90913-4_2-1)
- Gonez, P., Gerrienne, P., 2010 a. A New Definition and a Lectotypification of the Genus *Cooksonia* Lang 1937. *International Journal of Plant Sciences* 171 (2), 199-215.
- Holz M.; Simões M.G. 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Editora Universidade/ UFRGS, Porto Alegre
- Lang, W.H., 1937. On the plant-remains from the Downtonian of England and Wales. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 227, 245-291.
- Lobato, G.; Borghi, L. 2005. Análise estratigráfica da Formação Furnas (Devoniano Inferior) em afloramentos da borda leste da Bacia do Paraná. *Proceedings 30 Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador*. 1-6.
- Machado, L.G. *et al.* 2007. Primeiras plantas terrestres do Eodoniário (Formação Furnas) do Estado do Paraná, Brasil. In: Carvalho, I.S., Rodrigues, M.A.C., Tardin, R.C.S. (Org.). *Paleontologia - Cenários de*
- Machado, L.G. 2004. *Cooksoniales da formação Furnas (Eodevoniano) do Estado do Paraná, Brasil. Monografia (Bacharelado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, [S. l.]*.
- Martins, G. P. De O. *et al.* 2018. Are early plants significant as paleogeographic indicators of past coastlines? Insights from the taphonomy and sedimentology of a Devonian taphoflora of Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 505, p. 234–242, 15 set. 2018.

- Matsumura, W. M.; Iannuzzi R.; E. P. Bosetti, 2013a. Histórico e evolução do conhecimento sobre a paleoflora do Devoniano na Bacia do Paraná. *Terr@ Plural* 7: 25-42.
- Matsumura, W. M.; Iannuzzi, R. 2015. Plantas devonianas do Brasil e seu significado bioestratigráfico. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais*, 10(1), 19-36. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v10i1.490>
- Milagres, I.M *et al.* 2007. O registro da tafoflora devoniana observada no arco de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, e suas implicações paleogeográficas. In: Carvalho, I.S., Rodrigues, M.A.C., Tardin. R.C.S. (Org.), *Paleontologia - Cenários de Vida*, Rio de Janeiro: Interciência, 2007, v. 1, p. 25-48.
- Milagres, I.M. 2003. Caracterização das tafofloras de plantas vasculares primitivas registradas na região do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná, Brasil) e na região de Tarija (Subandino da Bolívia) e suas implicações paleogeográficas. MsD thesis, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 70 p.
- Milagres, I.M. *et al.* 2018. Early Devonian taphoflora record in Ponta Grossa Arch, Paraná Basin (Southern Brazil) and its palaeogeographic implications. *Journal of Sedimentary Environments*, v. 3, n. 2, p. 93–107, 27 jun. 2018. doi: 10.12957/jse.2018.35405
- Milani, E. J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. 1997. 2 v. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- Milani, E.J. 2004. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná In: Mantenosso Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.; Neves, B.B.B. (organizadores). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, São Paulo, p. 256-279
- Milani, E. *et al.* 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências - Petrobras*. 15. 265-287.

- Mussa, D. *et al.* 1996. Estudo preliminar da taoflora da Formação Furnas, Bacia do Paraná, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68 (1): 65-89
- Petri, S. 1948. Contribuição para ao estudo do Devoniano paranaense. Tese (Doutorado em Sedimentologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1948. doi:10.11606/T.44.2016.tde-07072016-161100. Acesso em: 2022-08-26.
- Mussa, D. *et al.* 2002. New taxa from the Furnas Formation, Paraná Basin, Brazil - an approach and revalidation of names. *Bradea* 8 (45), 303-309.
- Rodrigues, M.A.C. *et al.* 1989. Ocorrência de psilophytales na Formação Furnas, borda leste da Bacia do Paraná. *Boletim IG-USP, Publicação Especial* 7, 35-43
- Scheffler, S.; Da Silva, R.; Sedorko, D. 2020. O Devoniano No Estado Do Mato Grosso Do Sul, Brasil: Nova Área De Distribuição E Presença De Típica Fauna Malvinocáfrica. *Estudos Geológicos*, v. 30, n. 2, p. 38–76, 17 dez. 2020.
- Sedorko D. *et al* 2017 Chronostratigraphy and environment of Furnas formation by trace fossil analysis: calibrating the lower Paleozoic Gondwana realm in the Paraná Basin (Brazil). *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 487:307–320
- Sedorko, D.; Netto, R. G.; Savrdab, C. E. 2018. Ichnology applied to sequence stratigraphic analysis of Siluro-Devonian mud-dominated shelf deposits, Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 83, p. 81–95, 1 abr. 2018.
- WNUK, C. 1996. The development of floristic provinciality during the Middle and Late Paleozoic. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 90, n. 1-2, 1

## ANEXO I: Tabela de descrições Tafonômicas

Amostra	Empacotamento	Orientação	Fragmentação	Observações
Pb (número da amostra)	1=Densamente empacotado 2=Parcialmente empacotado 3=Disperso	1=Relativamente orientado 2=Sem orientação	1=Completo 2=Parcialmente fragmentado 3=Fragmentado	Informações gerais (feições dos talos, espécies identificáveis)
Pb199 a	1	2	2	
Pb199 b	1	2	3	
Pb209	1	2	2	
Pb217	1	2	2	
Pb220	1	2	2	
Pb222 a	1	2	2	Dicotomia
Pb222 b	1	2	2	Dicotomia
Pb223 a	2	2	2	Espécie não identificada
Pb223 b	2	2	2	Espécie não identificada
Pb224	1	2	2	
Pb225	1	2	3	Esporângios isolados
Pb226	1	2	2	
Pb241	3	2	3	
Pb243	1	2	1	Esporângios + talos férteis
Pb244	1	2	2	Dicotomia
Pb245	2	2	2	Dicotomia + Eixo fértil
Pb246	1	1	1	Dicotomia + Esporângio Cooksonia Paranensis
Pb247	1	1	2	
Pb248	1	2	2	
Pb279	1	2	1	Cooksonia paranensis
Pb280	2	2	2	
Pb281	1	2	2	Dicotomia

<b>Pb282</b>	1	2	2	
<b>Pb283</b>	1	2	2	
<b>Pb284</b>	1	2	2	
<b>Pb285</b>	1	2	2	
<b>Pb286</b>	1	2	2	
<b>Pb287</b>	2	2	2	Esporângios diversos
<b>Pb289</b>	2	2	1	
<b>Pb291</b>	2	2	3	
<b>Pb292</b>	3	2	1	
<b>Pb293</b>	3	2	2	
<b>Pb295</b>	2	2	2	
<b>Pb296</b>	1	2	2	Grande esporângio
<b>Pb299</b>	1	2	2	Dicotomia/esporângio
<b>Pb307</b>	2	2	3	
<b>Pb308</b>	2	2	3	
<b>Pb309</b>	3	2	2	Talos
<b>Pb310</b>	3	2	2	
<b>Pb311</b>	3	2	3	Esporângios isolados
<b>Pb312</b>	2	2	3	
<b>Pb313 a</b>	3	2	3	Dicotomia/não fértil
<b>Pb313 b</b>	3	2	3	
<b>Pb314</b>	3	2	2	
<b>Pb316</b>	1	2	3	
<b>Pb317 (A2)</b>	1	2	2	
<b>Pb318</b>	1	2	2	
<b>Pb319</b>	1	2	3	
<b>Pb321</b>	1	2	3	
<b>Pb322</b>	2	2	1	Dicotomia
<b>Pb323</b>	1	2	2	Dicotomia
<b>Pb324</b>	1	2	2	
<b>Pb325</b>	1	2	2	
<b>Pb326</b>	1	2	3	
<b>Pb328</b>	3	2	3	

<b>Pb330</b>	2	2	3	
<b>Pb332</b>	2	2	2	
<b>Pb333</b>	1	2	2	
<b>Pb350</b>	1	2	2	Dicotomia
<b>Pb351</b>	3	2	3	
<b>Pb352</b>	3	2	2	Talos
<b>Pb353</b>	3	2	1	Dicotomia/eixo fértil
<b>X Pb216</b>				
<b>X Pb221</b>				
<b>X Pb288</b>				
<b>X Pb290</b>				
<b>X Pb291</b>				
<b>X Pb298a</b>				
<b>X Pb298b</b>				
<b>X Pb315</b>				