

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**O HOLOCENO TARDIO DA REGIÃO CENTRAL DO PARANÁ, BRASIL:
VEGETAÇÃO, CLIMA E O PAPEL DA INFLUÊNCIA HUMANA**

Trabalho de Formatura

TF – 24/30

Larissa Yaemi Kiyotani

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira
Coorientador: Dr. Guilherme Raffaeli Romero

SÃO PAULO
2024

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

O Holoceno tardio da região central do Paraná, Brasil: vegetação, clima e o papel da
influência humana

Larissa Yaemi Kiyotani

Monografia apresentada ao Instituto de
Geociências, curso de Geologia, para obtenção
do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira
Coorientador: Dr. Guilherme Raffaeli Romero

SÃO PAULO
2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Paulo, e ao meu coorientador ,Guilherme, por todo o conhecimento e paciência durante esse período e pela oportunidade e experiência de realizar este trabalho.

Também sou grata ao Projeto Temático FAPESP/NSF vinculado ao Programa PIRE – Partnership for International Research and Education – (Processo FAPESP 2017/50058-3), e ao Dr. William da Cruz, pela oportunidade e permitindo que esta pesquisa acontecesse.

Agradeço muito ao Darwin, Cecília, Caio Votor, Thomas, Luiza, Érika e a todos do Laboratório de Micropaleontologia, que me ajudaram de todas as formas possíveis, seja pelo trabalho e ensino ou pelas risadas e desabafos.

Aos meus amigos da geologia e os que conheci durante toda essa jornada, pelos quais tenho muito carinho e afeto

Ao pessoal do meu trabalho, que sempre foram muitos receptivos, em especial às amizades que fiz e agora não sei mais viver sem. Obrigada Fran e Débora por todas as conversas, desabafos e almoços de quinta-feira.

Ao meu amor Augusto, por todo o apoio, carinho, parceria e por todas as vezes que me ajudou a levantar e ter forças para continuar, e também à sua família pelo amor e alegria contagiente.

E, principalmente, quero agradecer aos meus pais, à minha irmã, pelos sacrifícios da distância, paciência pelo tempo, todo o suporte nas minhas escolhas e por sempre estarem ao meu lado. À minha família, minhas bachans e ao meu jichan, que até o final, sempre acreditou em mim.

RESUMO

Este projeto foi desenvolvido na Lagoa Tarumã, localizada no Parque Estadual de Vila Velha, no estado do Paraná, com o objetivo de contribuir para uma compreensão mais detalhada da história climática e ambiental da floresta de Araucária e Campos sulinos durante o Holoceno Tardio. Utilizando dados palinológicos preservados nos sedimentos e análises de carvão macroscópico, a pesquisa buscou reconstituir a vegetação pretérita e investigar a influência humana na configuração atual da floresta. Os resultados mostram que a floresta de Araucária, em associação com Campos sulinos, manteve-se como a fisionomia predominante na região do Parque Estadual de Vila Velha nos últimos 3000 anos. A partir de 2000 anos cal. A.P. (Antes do Passado), os dados palinológicos indicam um aumento relativo da representação de *Araucaria angustifolia* no perfil sedimentar coincidente com valores mais elevados de carvão macroscópico durante a fase climática úmida. Este estudo apresenta forte evidência para a hipótese de que as atividades humanas, como o uso do fogo, desempenharam um papel significativo nas mudanças ocorridas na paisagem durante a expansão da *Araucaria angustifolia* nos últimos 2000 anos. O aumento da representação de grãos de pólen de *Araucaria angustifolia* nos sedimentos da Lagoa Tarumã, apoia o novo paradigma científico de que esse ecossistema se tornou mais expandido no sul do Brasil graças a atividades humanas e que o ecossistema da floresta de Araucária pode ser interpretado como uma floresta cultural.

Palavras-chave: Araucaria, Carvão, Clima, Holoceno, Palinologia, Influência humana, Vegetação.

ABSTRACT

This project was conducted at Lagoa Tarumã, located in the Vila Velha State Park, Paraná state, Brazil, aiming to enhance our understanding of the climatic and environmental history of the Araucaria Forest and southern grasslands during the Late Holocene. Through palynological data preserved in sediments and macroscopic charcoal analysis, this study reconstructs past vegetation and assesses human influences on the current forest configuration. Results indicate that the Araucaria forest, alongside southern grassland, has remained dominant in the Vila Velha State Park region over the past 3,000 years. Around 2,000 years B.P., palynological data reveal a relative increase in *Araucaria angustifolia* presence in the sediment profile, coinciding with higher macroscopic charcoal levels during a humid climatic phase. This study provides robust evidence supporting the hypothesis that human activities, such as the use of fire, significantly contributed to landscape changes and the expansion of Araucaria forest over the last 2,000 years. The increased representation of *Araucaria angustifolia* pollen in Lagoa Tarumã sediments aligns with the emerging scientific perspective that this ecosystem's expansion in southern Brazil has been influenced by human activities, framing the Araucaria Forest as a potential "cultural forest".

Keywords: Araucaria, Charcoal, Climate, Holocene, Human influence, Palynology, Vegetation

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	METAS E OBJETIVOS	2
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1	Aspectos Botânicos e Ecológicos das Florestas de Araucária	2
3.2	Distribuição Geográfica das Florestas de Araucária	3
3.3	Clima.....	4
3.4	Estudos palinológicos.....	4
4	ÁREA DE ESTUDO.....	6
4.1	Geologia e geomorfologia.....	6
4.2	Clima e vegetação	8
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
5.1	Amostragem de Sedimentos.....	10
5.2	Datação por ¹⁴C.....	11
5.3	Análise Palinológica.....	11
5.4	Análise de Carvão Macroscópico.....	13
6	RESULTADOS	14
6.1	Descrição Litológica.....	14
6.2	Datação por ¹⁴C.....	14
6.3	Palinologia e carvão macroscópico	15
7	DISCUSSÃO	22
8	CONCLUSÕES	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
	APÊNDICES.....	31

1 INTRODUÇÃO

No decorrer de 1980 e 1990, vários ecossistemas naturais brasileiros, tidos como prístinos e inalterados, considerados em estado clímax de sucessão vegetal, começaram a ser repensados em função de atividades humanas pretéritas. O conceito de florestas culturais ou ecossistemas florestados alterados por atividades humanas, tanto em aspectos geográficos e florísticos, teve início com estudos de Moran (1991) e amplificado por Clement (1999), Clement *et al.* (2015) e Levis *et al.* (2017). De acordo com essa perspectiva, que diverge da visão clássica de ecossistemas em estágio sucessional clímax – caracterizada pela ausência de perturbação natural ou antrópica – várias paisagens florestais brasileiras não apresentariam sua atual distribuição geográfica e composição florística atuais caso não tivessem sido influenciadas por atividades humanas, como a domesticação de espécies vegetais.

Entre os ecossistemas que compõem este debate ecológico e arqueológico encontram-se as florestas de *Araucaria angustifolia*, popularmente conhecidas como pinheiro-paraná. Assim como vários ecossistemas florestais amazônicos, a floresta de Araucária foi historicamente interpretada na literatura botânica, como paisagens naturais controladas por processos ecológicos e por parâmetros abióticos sem a influência antrópica. Esse paradigma, contudo, começou a ser questionado a partir do estudo de Bittencourt & Krauspenhar (2006), que propõem que o aumento da concentração de grãos de pólen de *Araucaria angustifolia* após o Médio Holoceno, nos vários registros palinológicos do sul do Brasil (Behling, 1997; Behling & Lichte, 1997), é resultado de interferência humana. Segundo esses autores, a expansão da floresta de Araucária teria sido causada pela influência de grupos de caçadores-coletores produtores de cerâmica, referidos arqueologicamente como Tradição Taquara-Itararé (grupo Jê), que habitavam os planaltos do Sul do Brasil no mesmo período (entre 2.000 e 200 anos AP). Esse grupo usufruía da Araucária através da coleta de pinhão como fonte de proteína e carboidratos e do uso da madeira para construção de moradias semi-subterrâneas, chamadas de *pit houses*. Por essa razão, seu estilo de vida, caracterizado pela forte presença do uso da espécie, a ocorrência geográfica das moradias e a necessidade de um agente dispersor das sementes (Kindel, 1996) foram relacionadas com a expansão da floresta nos últimos 2.000 anos.

Jeske-Pieruschka *et al.* (2010) sugeriram que a expansão de florestas de Araucária resultou de maior interação com a população humana, nos últimos 600 anos. Segundo os autores há uma relação direta entre aumento das taxas de incêndios e diminuição da área de expansão da floresta de Araucária. Por outro lado, Robinson *et al.* (2018) em estudo de modelagem de distribuição de espécies de acordo com as características geográficas de táxons modernos, mostraram que a expansão da floresta de Araucária no sul do Brasil, entre 1410 e 900 cal A.P., foi uma consequência de estratégia de manipulação da espécie durante momentos de mudanças demográficas na paisagem. Os resultados indicaram divergências

na distribuição geográfica da floresta de Araucária, entre os locais considerados como naturais e aqueles com evidências arqueológicas, e que a floresta atual apresenta quase 30% a mais do que o máximo previsto na modelagem, corroborando com a ideia da influência humana na expansão da floresta, sendo o aumento demográfico de populações pretéritas como um dos principais fatores, especialmente nos últimos 1500 anos, para o aumento desse táxon arbóreo na paisagem do sul do Brasil (Robinson *et al.*, 2018).

Nesse contexto, considerando as evidências de possível influência humana na expansão da floresta de Araucária ao longo do Holoceno Tardio, torna-se relevante aprofundar os estudos acerca das interações entre populações humanas e a dinâmica desse ecossistema. Explorar as características da vegetação, o impacto das atividades antrópicas e as variações climáticas da região são cruciais para compreender os fatores que moldaram a paisagem atual. Dessa forma, o estudo propõe o uso de técnicas palinológicas e análises de partículas carbonizadas para reconstituir a história da expansão da floresta de Araucária e investigar a hipótese da influência humana neste evento, com o foco na região de Ponta Grossa, PR.

2 METAS E OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo principal testar a hipótese de que a influência humana foi um fator determinante para a expansão da floresta de Araucária, além de aprimorar a compreensão da história climática e ambiental desse ecossistema e dos Campos Sulinos na região de Ponta Grossa (PR), Brasil, durante o Holoceno Tardio (últimos 3.000 anos). Os objetivos específicos incluem:

- I. Caracterizar a vegetação e o clima da região por meio da análise de pólen e esporos preservados nos sedimentos da Lagoa Tarumã;
- II. Determinar a interferência humana na paisagem local através da análise de partículas carbonizadas;
- III. Integrar os resultados obtidos com a literatura existente baseada em outros proxies climáticos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos Botânicos e Ecológicos das Florestas de Araucária

O pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia*, forma quando adulto uma copa corymbosa, que lhe concede uma fisionomia muito típica em forma de taça e facilmente reconhecida, que, em seu estado clímax, é composta por uma camada emergente com altura de 30 a 40 metros, unicamente por essa gimnosperma. Apesar da uniformidade monoespecífica do estrato emergente deste floresta, integrante do ecossistema Matas Atlânticas *sensu lato*, uma alta biodiversidade é encontrada nos andares inferiores. Notam-se

várias associações florísticas que variam de acordo com as características geográficas e ecológicas, como por exemplo, o seu estado sucessional (Klein, 1975). Gêneros arbóreos importantes e suas famílias, tipicamente encontrados, de acordo com esse autor, são: *Apuleia* (Apocynaceae), *Aspidosperma* (Apocynaceae), *Casearia* (Flacourtiaceae), *Cedrela* (Meliaceae), *Copaifera* (Caesalpiniaceae), *Clethra* (Clethraceae), *Drimys* (Winteraceae), *Ilex* (Aquifoliaceae), *Lythraea* (Anacardiaceae), *Myrciaria* (Myrtaceae), *Ocotea* (Lauraceae), *Parapiptadenia* (Mimosaceae), *Schinus* (Anacardiaceae), *Sloanea* (Elaeocarpaceae), *Styrax* (Styracaceae), várias espécies de *Symplocos* (Symplocaceae), *Weinmannia* (Cunoniaceae). No extrato abaixo do emergente destacam-se duas espécies de *Podocarpus* (*P. lambertii* e *P. sellowii*). Várias espécies de bambus nativos florestais dos gêneros *Merostachys* e *Chusquea*, da família Poaceae (gramíneas) que produzem grãos de pólen monoporados, que normalmente na literatura palinológica é interpretado como indicador de vegetação aberta (Colinvaux *et al.*, 1996, 1999). Entre as samambaias arborescentes destacam-se os gêneros *Cyathea* e *Dicksonia*.

3.2 Distribuição Geográfica das Florestas de Araucária

De acordo com a literatura botânica a respeito desse ecossistema, as florestas de Araucária ocorrem entre as latitudes 24°S e 30°S no sul do Brasil e entre as latitudes 18°S a 24°S na região sudeste, onde se encontram fragmentadas e reduzidas, em elevações entre 1500 e 2000 metros, contrastando com o núcleo sulino onde essa floresta cresce em elevações até 400 m (Hueck, 1966, 1978; Romariz, 1974) (Figura 1).

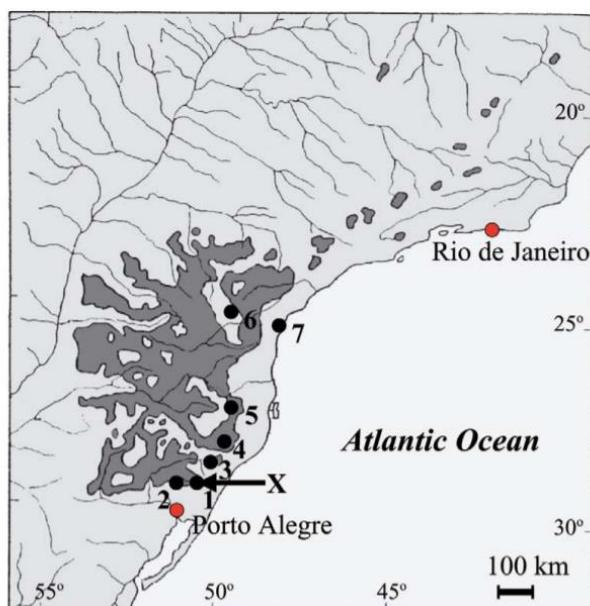


Figura 1 – Mapa da distribuição geográfica da floresta de Araucária (cinza escuro) na região sul e sudeste do Brasil, com a localização de outros estudos realizados nessa região: X. Cambará do Sul; 1. Aparados da Serra; 2. São Francisco de Paula; 3. Serra do Rio Rastro; 4. Morro da Igreja; 5. Serra da Boa Vista; 6. Serra Campos Gerais; 7. Volta Velha. Fonte: Behling, 2003.

3.3 Clima

De forma geral, as florestas de *Araucaria angustifolia* se localizam, em áreas que possuem temperaturas médias de verão entre 20°C e 21°C e entre 10°C e 15°C no inverno (Rizzini, 1971; Leite & Klein, 1990). Os mapas climáticos de Nimer (1989) mostram que o núcleo de florestas contíguas do sul do Brasil localizam-se em regiões dentro da isoterma de 13°C para o mês de julho e sem uma época seca definida. No Sudeste, as florestas de Araucária, em elevações de 1500 a 2000 m, as temperaturas médias anuais variam entre 11°C e 14°C e cerca de 1500 mm de precipitação média anual.

3.4 Estudos palinológicos

As primeiras investigações palinológicas sobre a Floresta Ombrófila nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, abrangendo o Pleistoceno Superior e o Holoceno, fundamentaram suas interpretações climáticas regionais na alta presença de pólen de espécies da família Poaceae (incluindo gramíneas, ervas aquáticas e terrestres, bambus e táxons de cereais), como indicativo de climas frios e secos (Lorscheitter & Takeda, 1995; Behling & Lichte, 1997; Behling, 1997, 2002; Behling & Negrelle, 2001; Saia et al., 2008).

Conforme estudo de Behling & Lichte (1997), a paisagem do sudeste brasileiro, na porção leste da Serra da Mantiqueira durante o intervalo de 48.000 a 18.000, era composta por extensas áreas de campos e pequenas galerias de florestas ao longo dos cursos d'água, representadas no registro palinológico pelo alto percentual de pólen de gramíneas e baixa concentração de gêneros típicos da floresta de Araucária, sugerindo condições climáticas frias e secas para o período. Essa mesma interpretação, utilizando pólen de gramíneas como proxy para climas mais secos, foi dada para a análise palinológica dos sedimentos da Lagoa Dourada, localizada no Parque Estadual de Vila Velha, discutida por Lorscheitter & Takeda (1995).

Entretanto, alguns estudos alertam sobre o risco de utilizar o sinal polínico de gramíneas como principal elemento de suas conclusões em ecossistemas tropicais, pois este grupo, além de poder ter sido derivado de vegetação de savana, também pode ser originário de plantas pertencentes a táxons bambusóides de sub-bosque de densas florestas tropicais ou diretamente de vegetação aquática (Colinvaux et al., 1999; Colinvaux & De Oliveira, 2000a,b; Bush, 2002; Bush et al., 2004; Lorente et al., 2017).

Essa questão torna-se evidente no trabalho de Pessenda et al. (2009), no qual apresenta, a partir de registros palinológicos, que entre aproximadamente 28.000 e 22.000 anos A.P. (33.365 e 26.469 anos cal. A.P.), a Floresta de Araucária já se mostrava dominante no setor leste da Serra do Mar, retratando condições frias e úmidas, em contraposição com o proposto por Behling (1997). Além disso, em estudo realizado por Siqueira (2006), também indicou a dominância da *Araucaria angustifolia* na região de Monte Verde (MG - Serra da Mantiqueira) desde 40.000 anos A.P. (42.720 anos cal. A.P.), sugerindo que o ambiente

apresentava condições ideais para permanência contínua dessa floresta e reforçando o argumento de condições climáticas mais úmidas.

Nesse contexto, importante mencionar que análises de $\delta^{18}\text{O}$ e elementos traço (Sr/Ca) em espeleotemas de cavernas do sudeste e sul do Brasil permitiram uma visão ampla das variações climáticas durante o final do Pleistoceno e Holoceno, corroborando que o último período interglacial foi caracterizado pela dominância de chuvas extratropicais de inverno para os últimos 131 mil anos A.P. (Strikis *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2006a,b, 2007) e comprovando que interpretações climáticas baseado apenas em análises de gramíneas como indicador de climas exclusivamente secos estavam equivocadas.

Com relação ao cenário da região sul do Brasil, os campos de altitude apresentaram-se dominantes durante todo o Último Máximo Glacial (UMG) até o início do Holoceno (aproximadamente de 42840 a 10120 anos cal. A.P.) e a vegetação florestal era restrita a vales profundos (Behling *et al.*, 2004). Esse estudo, realizado em Cambará do Sul (RS), baseou-se principalmente na presença de grãos de pólen tipo *Eryngium* e na mudança de regime hidrológico de pequeno lago existente na área estudada. De 10000 até 4000 anos A.P., houve um pequeno aumento na taxa de *Araucaria angustifolia*, entretanto, ainda pouco representativa no ambiente.

Esse pequeno aumento na representação dessa espécie também foi registrado nos sedimentos da Lagoa Dourada, localizada no Parque Estadual de Vila Velha (PR), entre o intervalo de 10.300 a 8.300 anos cal. A.P., e durante 8300 a 4000 anos cal A.P., houve o crescimento dessas florestas, devido ao aumento da umidade relativa, bem como o estabelecimento de *Araucaria* perto da lagoa por volta de 7300 anos cal A.P. (Piraquive-Bermudez *et al.*, 2024).

A expansão da floresta de Araucária na região sul tornou-se significativa entre o intervalo de 4000 e 2400 anos A.P. – no Rio Grande do Sul foi registrada em 4320 anos cal. A.P.; em Santa Catarina, aproximadamente em 2385 anos A.P. (Behling, 1995, 1997, Behling *et al.*, 2004) e no Paraná durante o período de 3300 e 2800 anos cal A.P. (Piraquive-Bermudez *et al.*, 2024) – à medida que os campos sofreram uma diminuição (Behling *et al.*, 2004).

Além disso, essa região passou por uma segunda expansão ainda mais expressiva, com o aumento do percentual da própria *Araucaria angustifolia* e substituição dos campos de altitude, registrada no Paraná, por volta de 1400 anos cal. A.P., em Santa Catarina a partir de 930 anos cal. A.P. e no Rio Grande do Sul, em 1100 anos A.P. (Behling, 1997; Behling *et al.*, 2004, 2005; Piraquive-Bermudez *et al.*, 2024).

Embora o aumento da umidade relativa e chuvas da região seja considerado como principal fator responsável pelo crescimento das florestas de Araucária durante o Holoceno Tardio, novos estudos sugerem que fatores antropológicos, de manejo da espécie *Araucaria angustifolia* teria sido determinante para essa expansão (Bittencourt & Krauspenhar, 2006; Dos Reis *et al.*, 2014; Robinson *et al.* 2018).

Assim, nota-se que o aumento demográfico de populações humanas é um dos fatores principais, especialmente nos últimos 1500 anos, para o aumento desse táxon arbóreo na paisagem do sul do Brasil.

4 ÁREA DE ESTUDO

A Unidade de Conservação Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), localizada a 20 km a ESE do município de Ponta Grossa, Paraná, é conhecida por apresentar um conjunto de feições e estruturas geológicas, que exibem grande beleza e valor científico.

A Lagoa Tarumã (coordenadas UTM 22J 597634E/7207664S), principal objeto de estudo do presente trabalho, encontra-se próximo ao limite sul do PEVV e perto da Lagoa Dourada, e assim como essa, é considerada também uma das atrações do parque (Figura 2). Seu corpo d'água possui 6 m de profundidade e aproximadamente 100 m de diâmetro em seu eixo maior (Soares, 1989; Filho & Karmann, 2007). De acordo com a literatura, a lagoa sofreu uma diminuição na sua lâmina d'água, que já se apresentou com cerca de 300 m de eixo maior (Soares, 1989; Melo *et al.*, 2000).

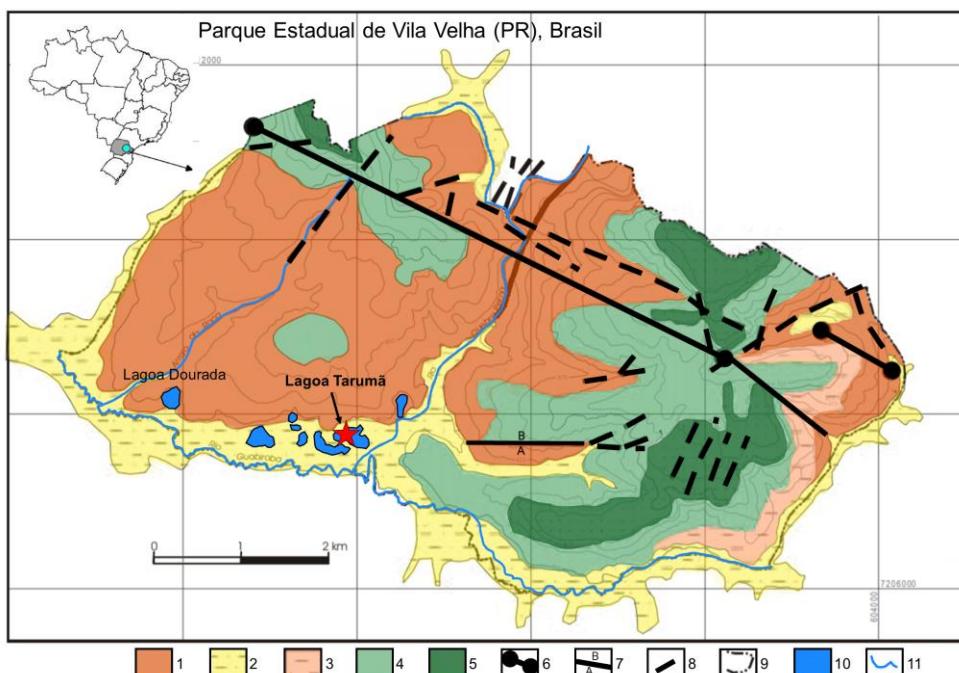


Figura 2 - Mapa geológico do Parque Estadual de Vila Velha e localização da Lagoa Tarumã e Lagoa Dourada. Legenda: 1. Formação Furnas; 2. Sedimentos aluviais e coluviais quaternários; 3. Formação Ponta Grossa; 4. Rochas indiferenciadas do Grupo Itararé; 5. Arenitos do Grupo Itararé; 6. Dique de diabásio do magmatismo Serra Geral; 7. Falha normal; 8. Principais lineamentos; 9. Limites do PEVV; 10. Lagos/lagoas; 11. Principais rios. Fonte: Melo *et al.*, 2000 (Modificado).

4.1 Geologia e geomorfologia

O PEVV se localiza próximo a borda oriental da Bacia do Paraná, mais especificamente, sobre as formações Furnas e Ponta Grossa, de idade Devoniana, e a base

Grupo Itararé, do Carbonífero Superior. A área apresenta também ocorrências de rochas intrusivas básicas a intermediárias (Formação Serra Geral), resultante da intensa atividade tectônica que provocou falhas e fraturas profundas e deu origem ao Arco de Ponta Grossa (Melo *et al.*, 2004).

De acordo com a Figura 3, que apresenta uma seção esquemática do relevo e contexto geológico da área de estudo, o PEVV está inserido no Segundo Planalto Paranaense, que se encontra entre as altitudes 1100 e 800 e com leve cimento para oeste. O limite que separa esse planalto do Primeiro Planalto Paranaense é marcado por um desnível de aproximadamente 300 m, denominado Escarpa Devoniana.

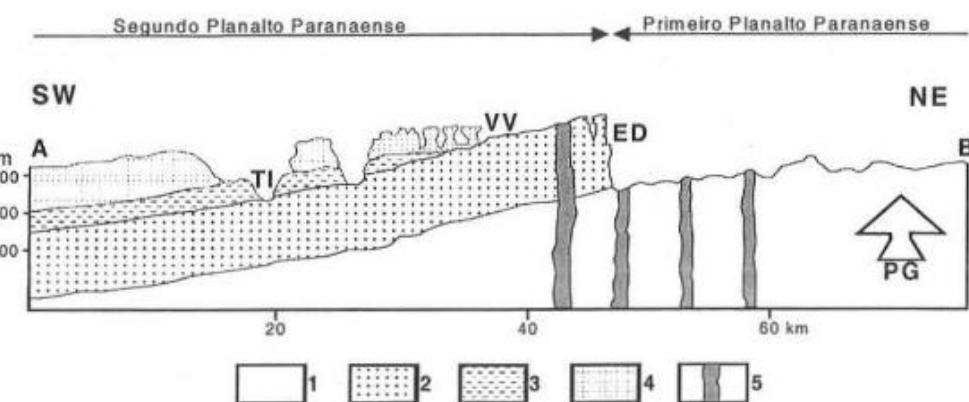


Figura 3 - Seção esquemática que mostra a relação do Parque Estadual de Vila Velha com a estrutura geológica regional: 1: embasamento proterozóico; 2: Formação Furnas (D); 3: Formação Ponta Grossa (D); 4: Grupo Itararé (C-P); 5: diques de diabásio do Magmatismo Serra Geral (K); PG: Arco de Ponta Grossa; ED: Escarpa Devoniana; VV: PEVV; TI: Rio Tibagi. Fonte: Melo *et al.*, 2004.

A **Formação Furnas** situa-se sobre as rochas do embasamento cristalino proterozóico em contato discordante, sendo constituída predominantemente por arenitos médios a grosso e grãos angulosos, apresentando coloração clara, feldspática e/ou caulínicos (Assine, 1996; Melo *et al.*, 2004). É nessa formação que são encontradas as grandes depressões notórias do PEVV, as furnas. Tanto a Lagoa Tarumã como a Lagoa Dourada são consideradas como furnas assoreadas.

As furnas se destacam como uma das feições geomorfológicas sendo caracterizadas como grandes depressões erosivas, um tipo de “poço de desabamento” (*sinkholes*) formadas pelo desabamento do teto de grandes cavidades subterrâneas (Melo *et al.*, 2004). Esse desabamento ocorre devido a fatores mecânicos e químicos, causados pela dissolução de caulinita que intensifica as falhas, fraturas e diques presentes na rocha de uma região com relevo escarpado e alto gradiente hidráulico (Melo & Giannini, 2007).

A **Formação Ponta Grossa** encontra-se sobre a Formação Furnas em contato gradacional e abaixo das rochas do Grupo Itararé. Essa unidade é caracterizada pela presença de folhelhos laminados acimentados, folhelhos siltíticos lentes de arenitos finos a

muito finos, com alto teor fossilífero, representados pela fauna de bivalves, gastrópodes, trilobitas, entre outros (Boucot & Gill, 1956; Assine *et al.*, 1998; Melo *et al.*, 2004).

Em contato discordante, o **Grupo Itararé** encontra-se sobreposto à Formação Ponta Grossa, podendo ser dividido em duas unidades. A unidade mais basal é representada por uma associação de arenitos, argilitos, diamictitos e folhelhos. Já a unidade do topo é composta predominantemente por arenitos avermelhados, comumente chamados de Arenito Vila Velha (Maack, 1946; Melo *et al.*, 2004).

Além disso, o parque conta com a presença de **Planícies Aluviais** derivadas do Rio Guabiroba, do Rio Quebra-Perna e seus afluentes, juntamente com associações de depósitos coluviais. A Lagoa Tarumã, bem como a Lagoa Dourada, estão situadas na planície aluvial do Rio Guabiroba, ao sul da unidade de conservação, sendo submetidas às influências da dinâmica desse rio (Melo *et al.*, 2000, 2004).

4.2 Clima e vegetação

De acordo com a classificação de Köppen, a área de estudo apresenta o tipo climático Cfb (clima oceânico sem estação seca e com verão temperado), caracterizado por temperaturas médias variando entre 18 a 22°C e pluviosidade anual média de 1554 mm, sem estação seca definida. Nos meses mais quentes, a temperatura média pode variar entre 17,2°C e 27,2°C, enquanto nos meses mais frios, varia entre 20,2°C a 9,1°C. Durante o mês mais chuvoso, a precipitação média chega a 168 mm, e no mês considerado mais seco, 78 mm (Instituto Água e Terra, 2004).

O parque é caracterizado pelo domínio da floresta ombrófila mista, savana gramíneo lenhosa e próximo de áreas de floresta estacional semidecidual. No solo, estende-se por áreas campestres, enquanto nas proximidades de lagos e rios formam-se mosaicos de campos gerais com capões de *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii*, várias espécies de lauráceas como *Nectandra sp.*, *Phoebe porosa* e mirtáceas como *Abbevillia maschlantha* e *Eugenia sp.* (Cervi *et al.*, 2007).

Entre as ervas, destacam-se bromeliáceas como *Tillandsia usneoides* e várias orquídáceas. Entre as palmeiras, encontra-se *Cocos romanzoffiana* por toda a região dos capões, enquanto nas campinas destaca-se *Diplothemia campestre* (Oliveira Jr., 2013).

Ao longo das planícies nas trilhas e caminhos, predomina a gramínea *Aristida pallens*, e algumas zonas ocorrem cobertura com capim gordura exótico, *Melinis minutiflora*, enquanto que nos pântanos e fundos de vales são abundantes as gramíneas *Laersia virginia*, *Paspalum cordatum*, *Dantharia dusenii*, *Saccharum cayennense*, *Brianthus asper*, *Paspalum multiflora* (Bodziak Jr. *et al.*, 2001). Segundo Maack (1946) entre outras espécies mais espalhadas geograficamente destacam-se espécies de ervas dos gêneros *Urticularia*, *Drosera*, membros das mayanáceas e gentianáceas, e enclaves de *Eriocaulon kunthii*, as cactáceas *Cereus sp.*

e *Lepismum sp.* nos chacos. Nas superfícies dos arenitos é comum encontrar cactáceas, especialmente o gênero *Neomammilaria* (Cervi et al., 2007).

A Lagoa Tarumã (Figura 4) apresenta-se circundada por vegetação secundária e com sinais de atividades antrópicas. Até os anos 90, uma grande concentração de árvores de *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii* estavam presentes ao redor dessa lagoa e da Lagoa Dourada (De Oliveira, 2019, comunicação pessoal).



Figura 4 – Imagem de satélite da Lagoa Tarumã próximo à Lagoa Dourada localizada no Parque Estadual de Vila Velha ($25^{\circ}14'S$, $50^{\circ}01'W$ à 798 m elevação). Fonte: Google Earth, 02/10/2021.

A Figura 5 evidencia a redução do espelho d’água da Lagoa Tarumã, causado pelos efeitos do estresse hídrico nos últimos anos.



Figura 5 – Comparaçao da bacia atual da Lagoa Tarumã nos anos de 2016 e 2021, mostrando a redução do espelho d’água devido ao estresse hídrico dos últimos anos, conforme evidenciado nas imagens de satélite. Fonte: Google Earth, 06/10/2016 e 02/10/2021.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Sedimentos lacustres possuem grande potencial de registro fóssil de ecossistemas antigos, contribuindo para a compreensão da evolução ecológica da região. Através de grãos de pólen e esporos fósseis presentes nos sedimentos, pode-se inferir o tipo de vegetação e, consequentemente, o clima da região analisada sendo essenciais para entender as mudanças climáticas e ambientais (Colinvaux et al., 1999). Isso é possível pelo fato de que registros do Quaternário são passíveis de comparação com gêneros modernos (Barberi-Ribeiro, 2001; Vidoto, 2008).

A metodologia de análise de carvão macroscópico é utilizada para interpretações paleoambientais relacionadas com a atividade de incêndios no ecossistema da região, sugerindo a dinâmica entre a frequência de incêndios e a configuração na paisagem de floresta-campo (Jeske-Pieruschka et al., 2010).

5.1 Amostragem de Sedimentos

Os sedimentos da Lagoa Tarumã foram coletados manualmente nos dias 10 e 11 de fevereiro de 2019 com o amostrador Livingstone Piston Corer, modificado por Colinvaux Voughnout (Colinvaux et al., 1999). Este método envolve uso de uma plataforma de madeira apoiada em dois barcos infláveis presos a três âncoras amarradas em cordas, de modo a manter sua posição central na lagoa.

A coluna sedimentar de 4 metros de espessura foi devidamente identificada, selada e transportada ao Laboratório de Micropaleontologia Setembrino Petri, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, onde foi aberta para descrição litológica, cor e de sub-amostragem para consequente extração de carvão, pólen e esporos.



Figura 6 – Coleta de testemunhos com Livingstone Piston Corer (Colinvaux et al., 1999) na Lagoa Tarumã, Parque Estadual de Vila Velha, Município de Ponta Grossa, Paraná. Foto: N. Strikis.

5.2 Datação por ^{14}C

Seis amostras sedimentares foram selecionadas para datação ^{14}C e inicialmente preparadas no Laboratório de Micropaleontologia do IGc/USP, conforme o protocolo do Laboratório de ^{14}C do CENA/USP, com as seguintes etapas:

- i. Separação física de folhas, galhos, raízes com o uso de pinça;
- ii. Tratamento com 50-60 ml HCl 2% em chapa aquecedora por 2 a 3 horas, e descarte de sobrenadante;
- iii. Lavagem com água destilada para lavagem até pH 5-6, e descartar sobrenadante após decantação;
- iv. Secagem a 50°C em béquer e deixar esfriar;
- v. Após resfriamento, o conteúdo orgânico foi transferido para recipiente de vidro ou plástico;
- vi. As amostras passaram por combustão e o CO_2 gerado foi transferido para ampolas.

Estas foram então encaminhadas para o Laboratório de ^{14}C da Universidade da Georgia, nos EUA, para a realização da datação AMS (*Accelerator Mass Spectrometry - Espectrometria de Massa com Acelerador*).

Após obtenção dos resultados das datações, foram estimadas idades para cada centímetro de profundidade, utilizando o programa de estatística R – *The R Project for Statistical Computing* – (R Core Team, 2019), para auxiliar nas análises mais precisamente.

5.3 Análise Palinológica

Foram selecionadas 29 amostras de 1 cm³ ao longo do perfil para processamento químico e consequentemente análise de grãos de pólen e esporos, identificadas de acordo com a profundidade que se encontram.

Essas amostras foram submetidas ao processamento químico seguindo o protocolo internacional, descrito em detalhe em Colinvaux *et al.* (1999), com o objetivo de remover os componentes minerais e remover o conteúdo orgânico dos palinomorfos a fim de permitir visualização ao microscópio das suas características morfológicas que, por sua vez, permitem a identificação taxonômica. Inicialmente, as sub-amostras foram transferidas a tubos de centrífuga de 15 ml e, em seguida, submetidas às seguintes etapas:

- i. Adição de uma pastilha de *Lycopodium clavatum* (Stockmarr, 1971) com concentração conhecida em cada amostra;
- ii. Dissolução da pastilha com solução de 10% HCl até cessar a efervescência;
- iii. Lavagem com água destilada, M, C & D (misture, centrifugue e decante);
- iv. Adição de KOH 10% a 100 °C por 5 minutos, M, C & D;
- v. Lavagem com água destilada, M, C & D;
- vi. Digestão quente com HF concentrado a 100 °C por 1 hora, M, C & D;

- vii. Lavagem com água destilada, M, C & D;
- viii. Adição 10% HCl, M, C & D;
- ix. Lavagem com água destilada, M, C & D. (etapa repetido duas vezes);
- x. Lavagem com ácido acético, M, C & D (etapa repetido duas vezes);
- xi. Adição de solução de acetólise (9 partes de anidrido acético para 1 parte de ácido sulfúrico) e deixado descansar a 100 °C por cinco minutos;
- xii. Lavagem com ácido acético, M, C & D;
- xiii. Lavagem com água destilada, M, C & D (etapa repetido duas vezes);
- xiv. Lavagem com álcool etanol M, C & D.;
- xv. Transferência das amostras para recipientes menores, adição de cinco gotas de glicerina aos resíduos, que finalmente são colocados em uma estufa por cerca de 12 horas para evaporação de restos alcoólicos.



Figura 7 – Registro do processamento químico das amostras e montagem das lâminas de análise. Na foto à esquerda, adição de pastilha de *Lycopodium clavatum* (Stockmarr, 1971), e à direita, lâminas montadas com o resíduo final do processo químico e prontas para a análise ao microscópio biológico. Foto: Larissa Y. Kiyotani.

Para montagem das lâminas foi utilizada uma gota de glicerina com resíduo (material resultante do processamento químico) sobre a lâmina e posteriormente recoberta por uma lamínula cujas bordas são revestidas com parafina líquida quente.

Os trabalhos de identificação, descrição e contagem dos palinomorfos foram feitos em microscópio óptico com lentes de aumento de 65x e 100x (imersão de óleo) e captura de imagens digitalizadas. Sua identificação foi realizada a partir da palinoteca de referência localizada no Laboratório de Micropaleontologia do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências, que possui uma das mais completas do Brasil em termos de representação polínica de elementos da flora brasileira. Além disso, essa parte contou com apoio das consultas de literaturas especializadas (Salgado-Labouriau, 1973; Roubik & Moreno, 1991; De Oliveira, 1992; Colinvaux *et al.*, 1999, entre outros).

Foram contados, no mínimo, 275 grãos de pólen em cada amostra e os dados foram tratados estatisticamente através dos programas específicos Tilia & TiliaGraph (Grimm & Troostheide, 1994) e CONISS (Grimm, 1987) que geram valores percentuais e de concentração (número de grãos/cm³ de amostra) para cada táxon polínico. Este último programa, permite a delimitação de zonas paleoecológicas referentes a mudanças ambientais locais através das análises estatísticas.

5.4 Análise de Carvão Macroscópico

Para análise da frequência e concentração de carvão depositado nos sedimentos em análise, foram escolhidos 21 níveis ao longo do testemunho, identificados também de acordo com a profundidade do sedimento amostrado no perfil.

Essas amostras foram submetidas a um processamento químico para extração do material principal, seguindo a metodologia descrita em Stevenson & Haberle (2005):

- i. Separação da amostra de um cm³ em tubo de ensaio;
- ii. Adição de KOH 10% e aquecimento (se requerido uma rápida dispersão) ou deixar por cerca de 12 horas, para uma melhor separação do sedimento aglomerado, misturar gentilmente a solução;
- iii. Descarte do sobrenadante após o sedimento assentar;
- iv. Adição de peróxido de hidrogênio (4-6% apenas) bem diluído e deixar por cerca de 12h,
- v. e). Misturar bem e passar por peneira úmida de 125 µm (150/210/250 µm ou uma combinação dessas), depois transferir para tubo de ensaio com água destilada e armazenar até que a contagem esteja feita;
- vi. Despejar a solução em uma placa de petri com papel milimetrado por baixo, com uma lupa de aumento de 1x0-15x e contar as partículas angulares (opacas).

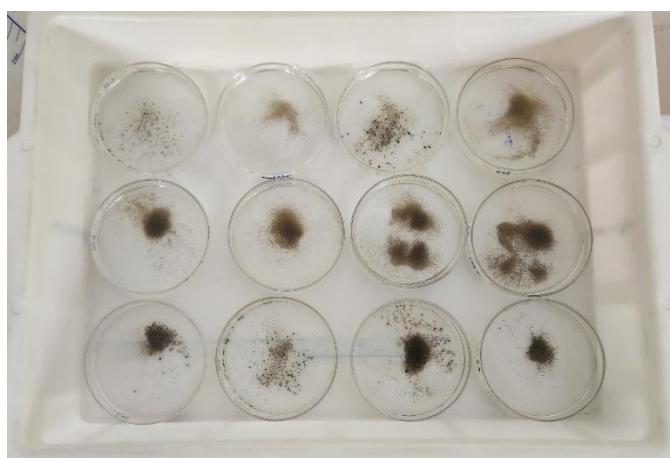


Figura 8 – Amostras sedimentares após processamento químico para carvão macroscópico. As partículas carbonizadas maiores que 125 µm foram contabilizadas ao estereomicroscópio no Laboratório de Micropaleontologia do IGc/USP. Foto: Larissa Y. Kiyotani.

6 RESULTADOS

6.1 Descrição Litológica

O perfil sedimentar da Lagoa Tarumã compreende 241 centímetros, dividido em três segmentos (1MB, 2MB e 3MB), sendo composto predominantemente por sedimentos argilo-orgânicos escuros, que foram classificados a partir de sua coloração seguindo a tabela de cores Munsell Color Charts (2009), e por laminações de areia fina próxima a base da coluna sedimentar (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição das seções do testemunho da Lagoa Tarumã, de acordo com intervalos de profundidade e respectivas características sedimentares e coloração.

Testemunho	Profundidade (cm)	Litologia
Seção 1MB	0 a 29	Argila orgânica de coloração 2.5y 3/3 dark olive brown
	29 a 31	Argila orgânica de coloração 2.5y 3/2 very dark grayish brown
	31 a 91,5	Argila orgânica de coloração 2.5y/1 black
Seção 2MB	91,5 a 177	Argila orgânica de coloração 2.5y/1 black
Seção 3MB	177 a 229	Argila orgânica de coloração 2.5y/1 black
	229 a 229,7	Areia fina
	229,7 a 240	Argila orgânica de coloração 2.5y/1 black

6.2 Datação por ^{14}C

As amostras usadas para datação ^{14}C apresentaram os resultados de acordo com a Tabela 2. Os resultados indicam que o testemunho retirado da Lagoa Tarumã contempla os últimos 3000 anos até o recente (aproximadamente 2000 d.C.), apresentando uma boa resolução para as investigações do Holoceno Tardio.

Tabela 2 – Resultado das datações ^{14}C das amostras do testemunho de acordo com sua profundidade e respectivas idades calibradas.

Profundidade (cm)	Idade (anos A.P.)	Idades calibradas (anos A.P.)
45	474 +/- 52	547 – 439
100	1371 +/- 24	1213 – 1179
150	2079 +/- 45	2100 – 1888
190	2397 +/- 35	2494 – 2310
230	2573 +/- 26	2600 – 2493
240	2994 +/- 36	3238 – 2992

6.3 Palinologia e carvão macroscópico

A análise palinológica indica alto conteúdo polínico em todos os níveis amostrados, com grãos de pólen e esporos bem preservados, incluindo grãos de *Araucaria angustifolia*, conhecidos por sua exina delicada e relativamente pouco resistente ao processo químico de acetólise.



Figura 9 – Fotomicrografias dos grão de pólen de *Araucaria angustifolia* encontrados nos sedimentos da Lagoa Tarumã com a barra de escala de 10 µm.

Ao todo, foram identificados pelo menos 88 tipos polínicos, dos quais 86 pertencem ao grupo das angiospermas e dois ao das gimnospermas (*Araucaria* e *Podocarpus*), distribuídos entre os hábitos arbóreo/arbustivo, herbáceos terrestres e aquáticos, além de lianas. Entre as pteridófitas, destacam-se os gêneros arborescentes *Cyathea* e *Dicksonia*, enquanto as samambaias da família Polypodiaceae são representadas por esporos monoletes lisos e verrucosos, além de triletes (Apêndice A). O grupo das algas é composto por membros das famílias Zygnemataceae e Desmidiaceae, ainda em fase de identificação taxonômica, sendo representados nos gráficos por códigos temporários. Microfotografias de todos os tipos polínicos, acompanhadas de descrições morfológicas, são apresentadas nos Apêndices C, D e E.

Os grãos de pólen não identificados, que estão em processo de identificação, também são representados por códigos temporários no Apêndice B, que apresenta uma tabela com a quantidade total de grãos polínicos contabilizados em cada nível amostrado.

O diagrama polínico com os perfis percentuais de cada táxon arbóreo/arbustivo, ervas terrestres e aquáticas mais representativos está apresentado na Figura 10, enquanto as representações percentuais de esporos de pteridófitas e de algas estão na Figura 11. As somas percentuais de cada grupo palinológico estão mostradas na Figura 12, e o diagrama das concentrações de palinomorfos está apresentado na Figura 13.

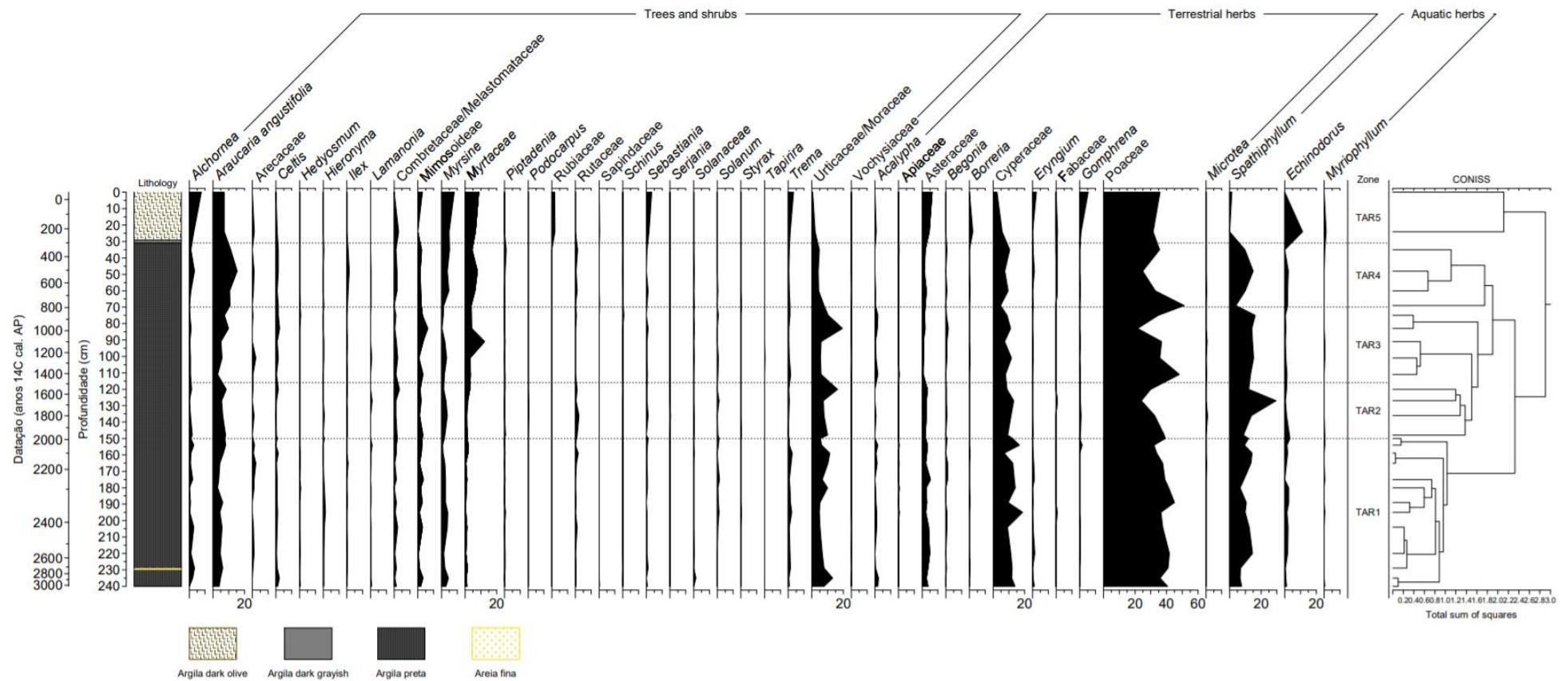


Figura 10 – Diagrama polínico de porcentagem dos táxons arbóreos/arbustivos, ervas terrestres e aquáticas mais representativos encontrados ao longo do perfil sedimentar do testemunho da Lagoa Tarumã. No lado esquerdo do diagrama são apresentadas as profundidades das amostras no perfil e datação radiocarbônica correspondente. No lado direito encontra-se a zonação gerada pelo subprograma CONISS. **Legenda:** *Lithology* – Litologia; *Trees and shrubs* – Árvores e arbustos; *Terrestrial herbs* – Ervas terrestres; *Aquatic herbs* – Ervas aquáticas; *Zones* – Zonas.

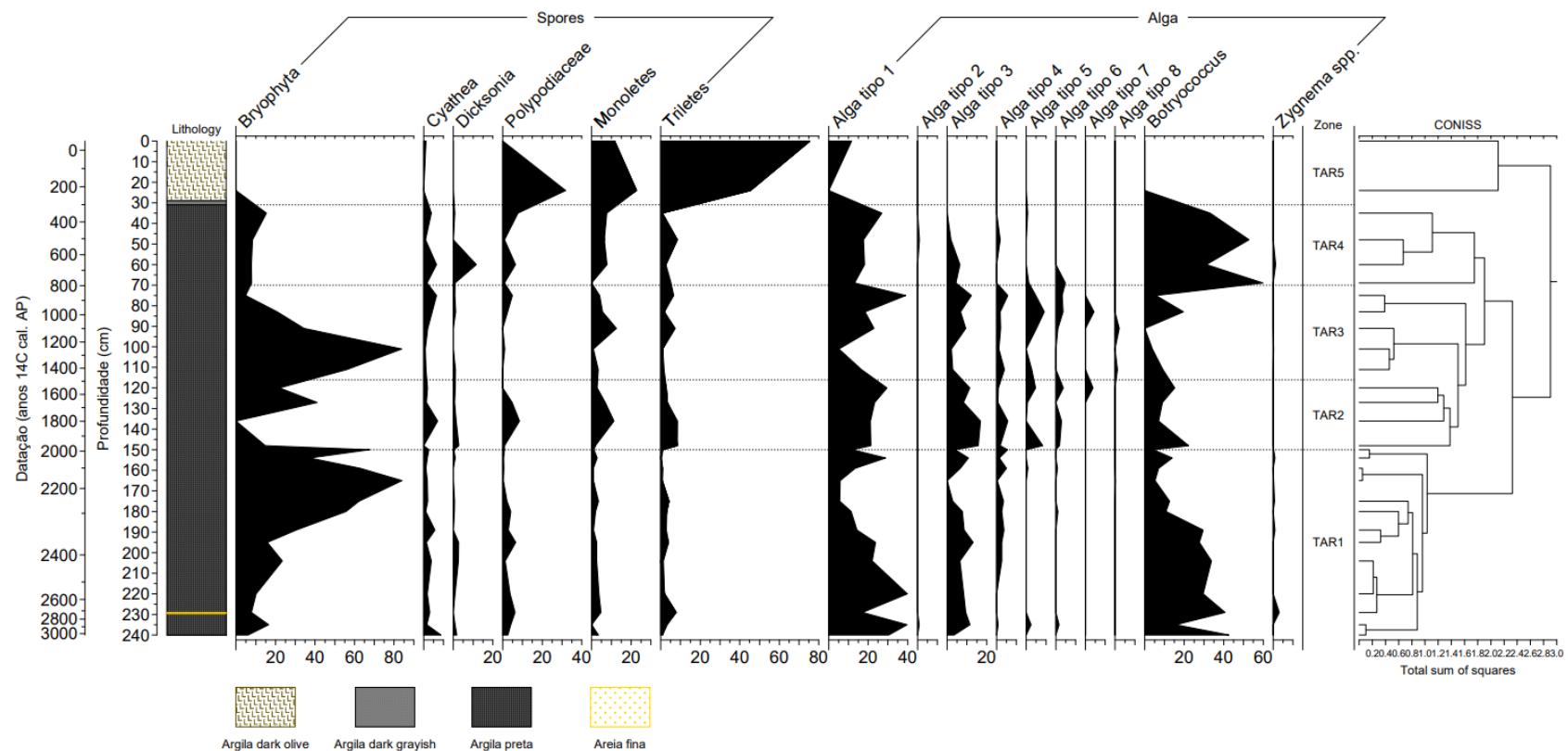


Figura 11 – Diagrama polínico de porcentagem dos táxons de esporos de pteridófitas e de algas terrestres encontrados ao longo do perfil sedimentar do testemunho da Lagoa Tarumã. No lado esquerdo são apresentadas as profundidades das amostras no perfil e datação radiocarbônica correspondente. No lado direito encontra-se a zonação gerada pelo subprograma CONISS. **Legenda:** Lithology – Litologia; Spores – Esporos; Alga – Algas; Zone – Zonas.

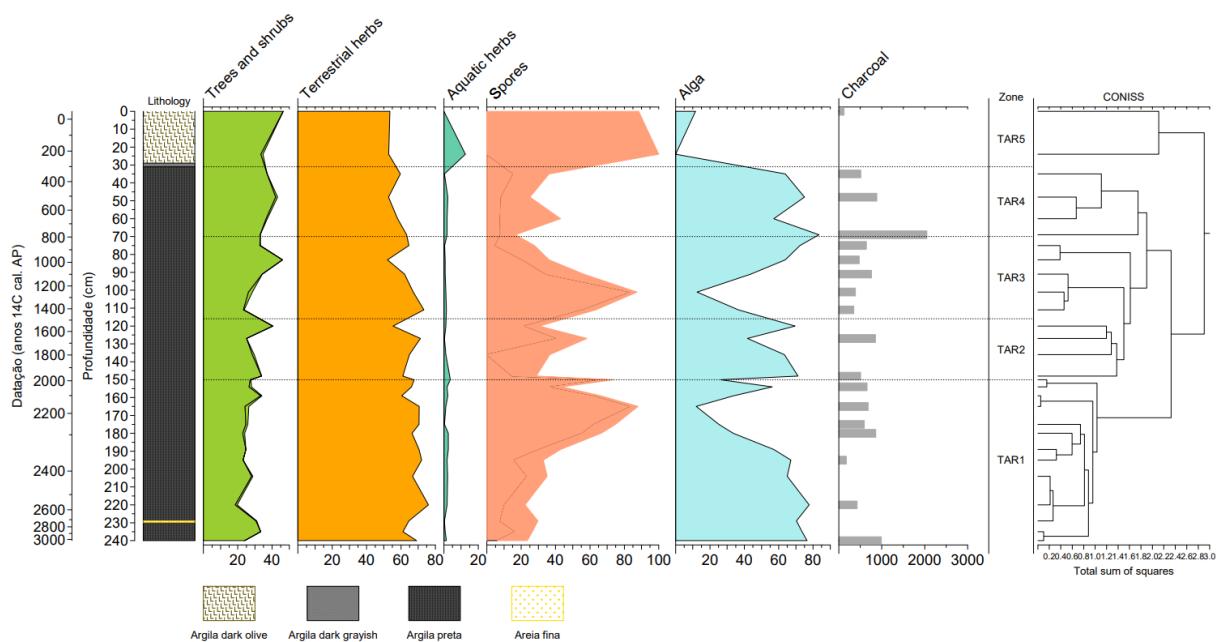


Figura 12 – Diagrama polínico de porcentagem das somas das categorias de pólen arbóreo/arbustivo, ervas terrestres e aquáticas e da categoria de esporos de pteridófitas e algas, ao lado da quantidade de carvão macroscópico do perfil sedimentar do testemunho da Lagoa Tarumã. No lado esquerdo são apresentadas as profundidades das amostras no perfil e datação radiocarbônica correspondente. No lado direito encontra-se a zonação gerada pelo subprograma CONISS. **Legenda:** Lithology – Litologia; Trees and shrubs – Árvores e arbustos; Terrestrial herbs – Ervas terrestres; Aquatic herbs – Ervas aquáticas; Spores – Esporos; Alga – Algas; Charcoal – Carvão; Zones – Zonas.

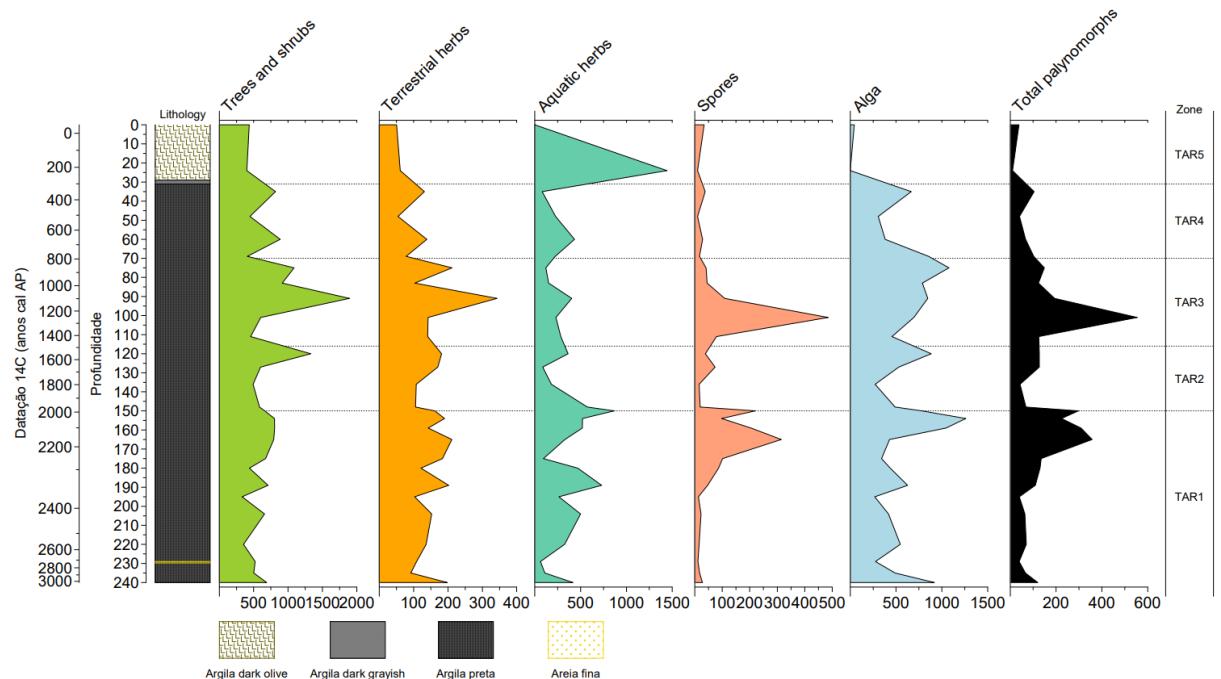


Figura 13 – Diagrama de concentração das somas das categorias de pólen arbóreo/arbustivo, ervas terrestres e aquáticas e da categoria de esporos de pteridófitas e algas do perfil sedimentar do testemunho da Lagoa Tarumã. No lado esquerdo são apresentadas as profundidades das amostras no perfil e datação radiocarbônica correspondente. No lado direito encontra-se a zonação gerada pelo subprogramma CONISS. **Legenda:** Lithology – Litologia; Trees and shrubs – Árvores e arbustos; Terrestrial herbs – Ervas terrestres; Aquatic herbs – Ervas aquáticas; Spores – Esporos; Alga – Algas; Zones – Zonas.

A análise de carvão macroscópico ($>125 \mu\text{m}$) indicou valores relativamente altos de partículas em grande parte das amostras estudadas, variando entre 121 e 2.050 unidades por centímetro cúbico de sedimento (Tab. 3). O diagrama com as quantidades de carvão macroscópico encontradas em cada nível está apresentado na Figura 14. Vale destacar que o diagrama de carvão na Figura 12 apresenta ausência de alguns níveis amostrados devido a limitações do programa na integração entre os diagramas polínicos e de carvão macroscópico.

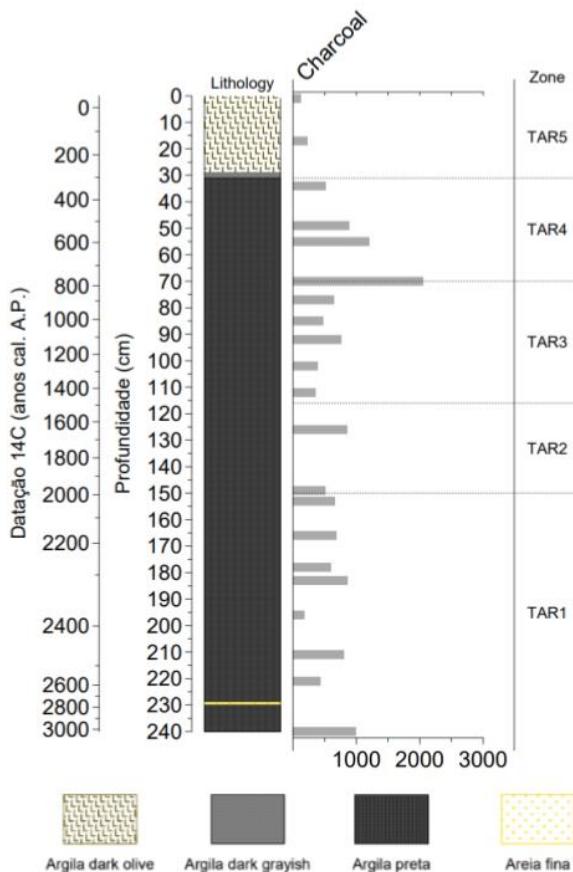


Figura 14 – Diagrama de quantidades de carvão macroscópico do perfil sedimentar da Lagoa Tarumã. No lado esquerdo são apresentadas as profundidades das amostras no perfil e datação radiocarbônica correspondente. No lado direito encontra-se a zonação gerada pelo subprograma CONISS.

Tabela 3 – Tabela de contagem com as quantidades de carvão macroscópico encontradas em cada nível de profundidade do testemunho sedimentar da Lagoa Tarumã e respectivas idades estimadas.

Profundidade (cm)	Datação ^{14}C	Quantidade de carvão macroscópico
1	-39	121
17	140	224
34	336	511
49	519	884
55	596	1201
70	769	2050

77	894	643
85	1009	475
92	1113	759
102	1267	386
112	1425	351
126	1646	851
149	1979	506
153	2030	658
166	2175	683
178	2280	594
183	2315	860
196	2379	176
211	2455	801
221	2564	428
240	3020	990

A seguir são apresentadas as descrições dos diagramas polínicos e de carvão conforme o zoneamento realizado pelo subprograma CONISS.

Zona TAR1, 3000 a 2000 anos cal. A.P.

Esta zona é caracterizada, entre os táxons arbóreos/arbustivos (ca. 20-30%) pelo predomínio de grãos de *Araucaria angustifolia* (3-8%), Mimosoideae (0-5%), *Myrsine* (0-5%), Urticaceae/Moraceae (4-13%). Em valores percentuais inferiores a 5% encontram-se os táxons *Alchornea*, *Celtis*, *Hedyosmum*, *Hieronyma*, *Ilex*, *Lamanonia*, Combretaceae/Melastomataceae, Myrtaceae, Rubiaceae, *Sebastiania*, *Solanum* e *Trema*. Entre os táxons de herbáceos terrestres destacam-se Poaceae (gramíneas) com valores entre 30% e 45%, seguido de *Spathiphyllum* (6%-15%) e Cyperaceae (7-19%). Entre os táxons de pteridófitas e grupos afins destacam-se abundantes briófitas com valores de até 80%.

Em relação ao carvão macroscópico, essa zona apresenta frequência constante de partículas carbonizadas nos sedimentos da Lagoa Tarumã, retratando quantidades, majoritariamente, entre 658 e 990, e dois níveis com menos que 500 partículas.

Zona TAR2, ca. 2000 a ca. 1500 anos cal. A.P.

Apesar de possuir grande similaridade em termos florísticos, esta zona difere da anterior devido à permanência entre valores relativamente mais altos (5,5 a 8,5%) na porcentagem de *Araucaria angustifolia*, indicando um aumento na sua representação total de pólen, e o táxon herbáceo *Spathiphyllum* (10%-30%), indicador de condições úmidas e aumento de pteridófitas e esporos de arborescentes. Esta biozona também indica estabilidade no componente herbáceo, indicador de campos sulinos úmidos. Durante esse intervalo

sedimentar nota-se um maior aumento de táxons arbóreos, que sugerem aumento de umidade relativa.

Já para as partículas de carvão, as quantidades apresentam similares à zona anterior, com a concentração variando de 500 a 851 partículas carbonizadas.

Zona TAR3, ca. 1500 a 800 anos cal. A.P.

Esta zona é caracterizada por declínio na porcentagem de *Araucaria angustifolia* que atinge até 5%, com recuperação de até 10% no final desta fase por volta de 800 anos cal. AP, concomitantemente com o aumento de vários táxons arbóreos florestais tais como Mimosoideae, *Myrsine* e Myrtaceae e Urticaceae/Moraceae. O aumento significativo de algas e estabilidade nos valores de *Spathiphyllum*, indicam que a persistência de condições úmidas e possivelmente aumento da profundidade da coluna d'água.

Durante a maior parte desse período, essa zona (até cerca de 900 anos cal A.P.) apresenta similaridade com as duas zonas anteriores (TAR5 e TAR4). Entretanto, ao final do intervalo, por volta de 800 anos cal A.P., observa-se um aumento significativo na quantidade de carvão macroscópico, que atinge seu pico em aproximadamente 2000 partículas, o maior valor encontrado nos níveis analisados.

Zona TAR4, ca. 800 a 300 anos cal. A.P. (1500 anos a.C.)

Araucaria angustifolia atinge valores entre 10,6 e 15,4%, que sugere o período de maior expansão dessa floresta, concomitantemente com outros táxons arbóreos como *Myrsine*, e Myrtaceae e uma nova expansão de *Spathiphyllum* e o maior representação da alga *Botryococcus*, associada maiores profundidades da coluna d'água.

Essa zona é marcada pela queda da quantidade de carvão macroscópico no testemunho da lagoa, iniciando-se com a maior taxa de incêndio encontrada (2050 partículas) e decaindo para $\frac{1}{4}$ do seu valor inicial, aproximadamente 500 partículas.

Zona TAR5, ca. 300 anos cal. A.P. - Presente

Esta zona possui a menor resolução uma vez que somente duas amostras foram analisadas nesse intervalo sedimentar. Apesar dessa deficiência amostral, as contagens mostram uma redução na representação de *Araucaria angustifolia*, que retorna a valores próximos de 7%, embora Myrtaceae e *Myrsine* mantenham os valores da zona anterior. Esta zona é marcada pela redução significativa de *Spathiphyllum* concomitantemente com aumento de *Echinodorus*, um táxon aquático, tipicamente encontrado em lagos com reduzida coluna d'água.

Neste período, a quantidade de partículas carbonizadas seguem em queda a uma taxa exponencial, atingindo até cerca de 120 partículas de carvão na idade mais recente.

7 DISCUSSÃO

O intervalo cronológico contido no perfil da Lagoa Tarumã oferece uma visão de alta resolução sobre as causas da expansão da floresta de araucária nos últimos 3.000 anos, permitindo investigar as hipóteses de influência climática e interferência humana. Essa abordagem detalhada se diferencia dos estudos palinológicos realizados na Lagoa Dourada, onde o perfil examinado por Piraquive-Bermudez *et al.* (2024) cobre os últimos 11.000 anos AP. Com base em ambos os perfis, pode-se inferir que a paisagem do Parque Estadual de Vila Velha, durante o Holoceno, foi caracterizada por um mosaico de floresta de araucária e campos sulinos.

Em ambos os registros, observa-se um declínio de táxons herbáceos, representantes dos Campos sulinos, e um aumento de espécies florestais, principalmente com expressivo valores percentuais de pólen de *Araucaria angustifolia* em sincronia com outros elementos botânicos típicos desse ecossistema. Esse aumento da *Araucaria* na região é notável ao longo de latitudes que se estendem de aproximadamente 30°S a 20°S, indicando um padrão recorrente que pode estar relacionado tanto a mudanças climáticas quanto à intensificação das atividades humanas na região.

No registro da Lagoa Dourada (Piraquive-Bermudez *et al.*, 2024), nota-se que o aumento de *Araucaria angustifolia* teve início desde 7000 a 6000 anos cal. AP aproximadamente, e somente a partir de 3000 anos cal. AP foi observado o aumento significativo do percentual da espécie, sugerindo que condições climáticas mais úmidas ao longo do tempo favoreceram o crescimento da floresta juntamente com as ações humanas registradas a partir de 3000 anos cal. AP.

Os primeiros estudos palinológicos dessa região (Behling, 1995, 1997, 2002; Behling. *et al.*, 2004) sugeriram que esse aumento teria sido causado por uma elevação nos níveis de umidade no sul do Brasil após 2000 anos cal. AP. Esse paradigma, baseado especialmente no sinal controverso de gramíneas (Bush, 2002), começou a ser questionado após o entendimento sobre populações humanas holocênicas, que manipularam diretamente a espécie *Araucaria angustifolia*, como fonte de material para construção de abrigos subterrâneos e suas nozes como fonte de alimentos (Bittencourt & Krauspenhar, 2006). Isso introduz uma nova perspectiva sobre a floresta de araucária como um ecossistema culturalmente moldado.

Ao integrar os dados palinológicos e de carvão macroscópico do perfil sedimentar da Lagoa Tarumã com o registro isotópico da Caverna Botuverá e as tendências de densidade populacional discutidas por Robinson *et al.* (2018) e o perfil palinológico da Lagoa Dourada (Piraquive-Bermudez *et al.*, 2024), sintetizada na Figura 15, observa-se uma correlação entre o aumento populacional e de carvão e a expansão relativa de araucária, especialmente nos últimos 2000 anos.

Entre 2000 e 1100 anos cal A.P., o registro indica condições climáticas mais úmidas, com menor densidade de sítios arqueológicos e uma fase de expansão relativa de araucária, especialmente em comparação com o período anterior (3000 a 2000 anos cal AP). A presença de partículas carbonizadas nesta fase pode ser atribuída a incêndios isolados, possivelmente provocados por populações incipientes.

Entre 1100 e 500 anos cal AP, há uma expansão significativa das populações humanas, acompanhada por um aumento na porcentagem de pólen de *Araucaria* nos sedimentos, taxas mais elevadas de incêndios e uma diminuição relativa da umidade. Esses fatores sugerem uma clara influência humana sobre a expansão da floresta, fortalecendo a hipótese de uma “floresta cultural” que se desenvolveu, ao menos em parte, devido à manipulação antrópica.

Após essa fase, observa-se uma tendência de declínio populacional, sincronizada com a retração da floresta de araucária, em condições mais úmidas, como indicado pelo padrão registrado na Caverna Botuverá. Embora o registro paleoambiental da Lagoa Dourada abranja um período mais longo, porém com menor resolução temporal, ele reflete padrões paleoambientais semelhantes aos observados nos últimos 2000 anos no Parque Estadual de Vila Velha.

Essa análise revela que a floresta de araucária no Parque Estadual de Vila Velha, nos últimos milênios, foi moldada por uma complexa interação entre fatores climáticos e ações humanas. A evidência de incêndios associados ao aumento de pólen de *Araucaria* reforça a ideia de uma contribuição cultural significativa na expansão desse ecossistema, com humanos atuando como agentes de transformação da paisagem e influenciando a composição da vegetação. Isso apoia a visão da floresta de araucária não apenas como um produto de condições climáticas favoráveis, mas também como um reflexo das práticas culturais e das pressões antrópicas ao longo do Holoceno.

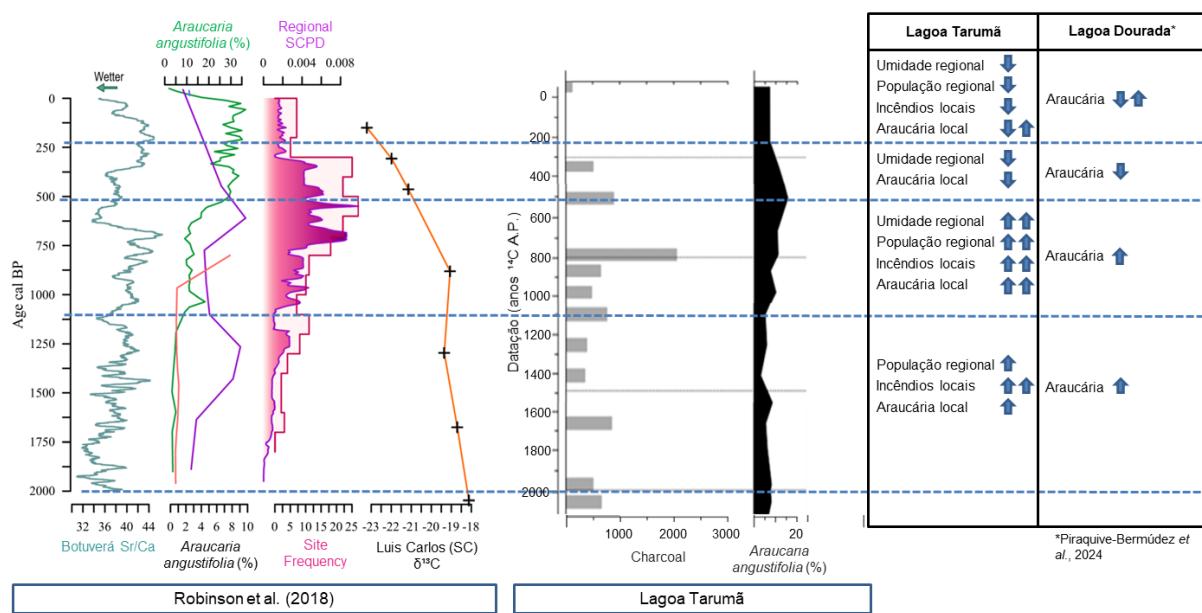


Figura 15 – Integração de dados isotópicos, modelagem de espécie, frequência de sítios arqueológicos (estimativa indireta de tamanho populacional), $\delta^{14}\text{C}$, palinologia e partículas carbonizadas da Lagoa Tarumã e quadro explicativo sobre as tendências paleoambientais no Parque Estadual de Vila Velha, PR.

8 CONCLUSÕES

As análises palinológicas e de carvão macroscópico nos sedimentos holocênicos da Lagoa Tarumã, em conjunto com estudos prévios sobre a floresta de araucária no sul do Brasil, revelam que, nos últimos 3000 anos, a paisagem do Parque Estadual de Vila Velha manteve uma fisionomia similar à atual. Essa fisionomia é caracterizada por enclaves de floresta de araucária em meio a campos abertos dominados por gramíneas.

A vegetação dos campos sulinos é representada nos diagramas polínicos principalmente por Poaceae (gramíneas), ervas das famílias Apiaceae e Asteraceae, além de outras espécies, enquanto a presença contínua de ervas aquáticas, como Cyperaceae e *Spathiphyllum*, sugere condições predominantemente úmidas ao longo dos últimos 3000 anos.

Embora a fisionomia da vegetação tenha permanecido constante, a composição florística local mudou com o tempo, com um aumento notável na representação polínica de *Araucaria angustifolia*, especialmente nos últimos 2000 anos.

Apesar da constância na fisionomia geral da vegetação, a composição florística passou por mudanças, com destaque para o aumento expressivo do pólen de *Araucaria angustifolia*, especialmente nos últimos 2000 anos. As análises de carvão macroscópico, combinadas com o aumento relativo dos grãos de pólen de araucária nesse período, sustentam a hipótese de uma intensificação da interferência humana na região central do estado do Paraná. Essa hipótese é embasada na correlação entre o aumento populacional, inferido por modelagem estatística, e a elevação das taxas de incêndios, indicadas pela análise de partículas carbonizadas, que ocorrem em fases climáticas com maior precipitação.

Esses resultados fornecem evidências paleoambientais que reforçam a hipótese de que a floresta de araucária foi modificada por populações humanas ao longo de milênios. O registro sedimentar da Lagoa Tarumã, embora mais curto em comparação com o da Lagoa Dourada, oferece uma resolução temporal detalhada. Essa análise pode servir como base para futuras investigações que ampliem o conhecimento sobre a interação entre clima, vegetação e atividades humanas na região ao longo do Holoceno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assine, M.L., 1996, Aspectos da estratigrafia das sequências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 207p., doi:10.13140/RG.2.2.21066.98248.
- Assine, M.L., Perinotto, J.A.J., Fúlfaro, V.J., Petri, S., 1998, Progradação deltaica Tibagi no Devoniano Médio da Bacia do Paraná: Revista Brasileira de Geociências, v. 28, p. 125-134, doi:10.25249/0375-7536.1998125134.
- Barberi-Ribeiro, M., 2001, Mudanças paleoambientais na região dos cerrados do Planalto Central durante o Quaternário Tardio: o estudo da Lagoa Bonita, DF [Dissertação de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 130p.
- Behling, H, 1997, Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil): Review of Palaeobotany and Palynology, v. 97 (1-2), p. 109-121, doi:10.1016/S0034-6667(96)00065-6.
- Behling, H, 2003, Late Glacial and Holocene vegetation, climate and fire history inferred from Lagoa Nova in the southeastern Brazilian lowland: Vegetation History Archaeobotanic, v. 12, p. 263-270, doi:10.1007/s00334-003-0020-9.
- Behling, H. & Lichte, M., 1997, Evidence of Dry and Cold Climatic Conditions at Glacial Times in Tropical Southeastern Brazil: Quaternary Research, v. 48(03), p. 348–358.
- Behling, H., 1995, Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil): Vegetation History and Archaeobotany, v. 4, 127-152.
- Behling, H., Bauermann, S.G., 2005, Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studies by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil: Review of Palaeobotany and Palynology, v. 133, p. 235-248.
- Behling, H., Negrelle, R.R.B., 2001, Late Quaternary tropical rain forest and climate dynamics from the Atlantic lowland in southern Brazil: Quaternary Research, v. 56, p. 383-389, doi:10.1006/qres.2001.2264.

- Behling, H., Pillar, V.D., Orlóci, L., Bauermann, S.G., 2004, Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 203, p. 277-297.
- Beling, H., 2002, South and Southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 117, p. 19-27.
- Bitencourt, A.L.V., Krauspenhar, P. M., 2006, Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the Late Holocene: Revista Brasileira de Paleontologia, v. 9 (1), p. 109-116.
- Bodziak, Jr., C., Maack, R. 2001, Contribuição ao Conhecimento dos Solos dos Campos Gerais no Estado do Paraná. Brazilian: Archives of Biology and Technology. Jubilee, v. 1946-2001, p. 127-163.
- Boucot, A.J., Gill, E.D., 1956, Australocoelia, a new Lower Devonian brachiopod from South Africa, South America and Australia: J. Paleont., v. 30, p.1173-1178.
- Bush, M., 2002, On the interpretation of fossil Poaceae pollen in the lowland humid neotropics: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology, v. 177, p. 5-17.
- Bush, M.B., De Oliveira, P.E., Colinvaux, P.A., Miller, M.C. & Moreno, E., 2004, Amazonian paleoecological histories: one hill, three watersheds: Paleogeography Paleoclimatology, Paleoecology, v. 214, p. 330-345.
- Cervi, A.C., Von Linsingen, L., Hatschbach, G. & Ribas, O.S., 2007, A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil: Bol. Mus. Bot. Mun., v. 69, p. 1-52.
- Clement, C.R. 1999, 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human populations: Economic Botany, v. 53(2), p. 188-202.
- Clement, C.R., Denevan, W., Heckenberger, M., Junqueira, A.B., Neves, E.M., Teixeira, W., Woods, W., 2015, The rainforest as a human creation: World Nutrition, v. 6(9-10), p. 694-703.
- Colinvaux, P., De Oliveira, P.E., 2000a, Palaecology and climate of the Amazon Basin during the last glacial cycle: Journal of Quaternary Science, v. 15, p. 347-356.
- Colinvaux, P.A., De Oliveira, P.E., 2000b, Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses: Quaternary Science Reviews, v. 19, p. 141-169.
- Colinvaux, P.A., De Oliveira, P.E., Moreno, J.E. Miller, M.C., Bush, M., 1996, A long pollen record from lowland Amazonia: Forest and cooling in glacial times: Science, v. 274(5284), p. 85-88, doi:10.1126/science.274.5284.85.
- Colinvaux, P.A.; De Oliveira, P.E., Patiño, J. E. M., 1999, Amazon Pollen Manual and Atlas. Dordrecht: Harwood Academic Publishers, p. 332.

- Cruz Jr., F.W., Burns, S.J., Jercinovic, M., Karmann, I., Sharp, W.D., Vuille, M., 2006a, Reconstruction of regional atmospheric circulation features during the Late Pleistocene in subtropical Brazil from oxygen isotope composition of speleothems: Earth and Planetary Science Letters, v. 248, n. 1–2, p. 495-507, doi:10.1016/j.epsl.2006.06.019.
- Cruz Jr., F.W., Burns, S.J., Jercinovic, M., Karmann, I., Sharp, W.D., Vuille, M., 2007, Evidence of rainfall variations in Southern Brazil from trace element ratios (Mg/Ca and Sr/Ca) in a Late Pleistocene stalagmite: Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 71 (9), p. 2250-2263, doi:10.1016/j.gca.2007.02.005.
- Cruz Jr., F.W., Burns, S.J., Karmann, I., Sharp, W.D., Vuille, M., Ferrari, J.A., 2006b, A stalagmite record of changes in atmospheric circulation and soil processes in the Brazilian subtropics during the Late Pleistocene: Quaternary Science Reviews, v. 25 , p. 2749- 2761, doi:10.1016/j.quascirev.2006.02.019.
- De Oliveira. P.E., 1992, A Palynological Record of Late Quaternary Vegetational and Climatic Change in Southeastern Brazil [Tese de Doutorado]: Columbus, The Ohio State University, 134p.
- Dos Reis, M.S., Ladio, A., Peroni, N., 2014, Landscapes with Araucaria in South America: evidence for cultural dimension: Ecology and Society, v. (2), 43, doi:<http://dx.doi.org/10.5751/ES-06163-190243>.
- Filho, W.S., Karmann, I., 2007, Dolinas em arenitos da Bacia do Paraná: evidências de carste subjacente em Jardim (MS) e Ponta Grossa (PR): Revista Brasileira de Geociências, v. 37(3), p. 551-564, doi:10.25249/0375-7536.2007373551564.
- Grimm, E.C., 1987, CONISS: Textbook of Pollen Analyses. 4th Ed. Wiley, New York. Hill.
- Grimm, E.C., Troostheide, C.D. 1994, Tilia 2.00, program for plotting palynological diagrams- Springfield: Illinois State Museum, IL. USA.
- Hueck, K., 1966, Die Wälder Südamerikas: Ökologie, Zusammensetzung und wirtschaftliche Bedeutung. Vegetations-monographien der einzelnen Großräume: Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, v. 11, 422 p.
- Hueck, K., 1978, Les bosques de sudamerica: ecologia, composicion e importancia economica: Escchborn, Sociedad Alemania de Cooperacion Tecnica, 476 p.
- Instituto Água e Terra, 2004, Plano de Manejo Parque Estadual de Vila Velha: Governo do Paraná: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Plano-de-Manejo-Parque-Estadual-de-Vila-Velha> (acessado Outubro 2024).
- Jeske-Perushka, V., Fidelis, A., Bergamin, R.S., Vélez, E., Behling, H., 2010, Araucaria forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and modern pollen data: Review of Palaeobotany and Palynology, v. 160, p. 53-65, doi:10.1016/j.revpalbo.2010.01.005.
- Kindel, E.A.I., 1996, Padrões de dispersão e disposição espacial de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze e suas relações com aves e mamíferos na estação ecológica de Aracuri,

- Esmeralda, RS [Dissertação de Mestrado]: Universidade do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Ecologia, 66p.
- Klein, R.M., 1975, Southern Brazilian phytogeographic features and the probable influence of Upper Quaternary climatic changes in the floristic distribution: International Symposium on the Quaternary, Boletim Paranaense Geociências, v. 33, p. 67-88.
- Leite, P.F. & Klein, R.M. 1990. Vegetação. In: Geografia do Sul. Região Sul. IBGE. vol 2: 113-150.
- Levis, C., Clement, C.R. et al. 2017. Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. *Science* 355 (6328): 925-931.
- Lorente, F.L., Junior, A.A.B., De Oliveira, P.E., Passenda L.C.R., 2017, Atlas Palinológico: Laboratório ¹⁴C-CENA/USP: FEALQ, Piracicaba, SP.
- Lorscheitter, M.L., Takeda, I.J.M., 1995, Reconstituição paleoambiental da região dos Campos Gerais, Paraná, através da palinologia de sedimentos da Lagoa Dourada: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 5, Niterói, 1995. Anais. Niterói, ABEQUA, p. 18-21.
- Maack, R., 1946, Geografia Física do Paraná. Geologia e geografia da região de Vila Velha e considerações sobre a glaciação carbonífera no Brasil: Arquivos do Museu do Paranaense, v. 5, 305p.
- Macedo, R.B., De Souza, P.A., Bauermann, S.G., 2009, Catálogo de pólenes, esporos e demais palinomorfos em sedimentos holocénicos de Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil: IHERINGIA, Sér. Bot., v. 64(2), p. 43-78, Recuperado de <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/123>.
- Maceto, E., Lorscheitter, M.L., 2016, Gymnosperm and angiosperm pollen grains in Holocene sediments from a paleolagoon in the coastal plain of extreme southern Brazil: Brazilian Journal of Botany, v. 39, p. 709-720, doi:10.1007/s40415-015-0242-y.
- Melo, M.S., Giannini, P.C.F., 2007, Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, Southern Brasil: Earth Surface Processes and Landforms, v. 32(14), p. 2149- 2164, doi:<https://doi.org/10.1002/esp.1520>.
- Melo, M.S., Giannini, P.C.F., Passenda, L.C.R. 2000, Gênese e evolução da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, PR: Revista do Instituto Geológico, v. 21(1-2), p. 17-31, doi:10.5935/0100-929X.20000003.
- Melo, M.S., Godoy, L.C, Meneguzzo, P.M, Silva, D.J.P.da, 2004. A geologia no plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha, PR. Revista Brasileira de Geociências 34(4): 561-570. doi:10.25249/0375-7536.2004344561570.
- Moran, E., 1991, Human adaptive strategies in Amazonian blackwater ecosystems: American Anthropologist, v. 93(2), p. 361-382.
- Munsell Color (Firm), 2009, Munsell Soil Color Charts: with Genuine Munsell Color Chips: Grand Rapids, MI: Munsell Color, 68 p.

- Nimer, E., 1989, Climatologia do Brasil: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, 421p.
- Oliveira Jr., H.F., 2013, A Família Cactaceae no Parque Estadual de Vila Velha e suas áreas de entorno, Ponta Grossa, Paraná – Brasil: Revista da União Latino-americana de Tecnologia, Jaguariaíva, n.1, p. 55-82.
- Pessenda, L.C.R., De Oliveira, P.E., Mofatto, M., Medeiros, V.B., Leite, A.Z., Saad, A.R., Etchebehere, M.L., 2009, The evolution of tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 14C yr BP based on carbon isotopes and pollen records: Quaternary Research, v. 71, p. 437-452.
- Piraquive-Bermudez, D., Behling, H., Zolitschka, B., Giesecke, T., 2024, Late Quaternary *Araucaria* forest and Campos (grassland) vegetation dynamics inferred from high-resolution pollen record from Lagoa Dourada in southern Brazil: Quaternary Science Reviews, v. 333(2024), 108685, doi:10.1016/j.quascirev.2024.108685.
- R Core Team, 2019, R: A language and environment for statistical computing: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>.
- Rizzini, C.T., 1971, Árvores e madeiras úteis do Brasil Manual de Dendrologia Brasileira: São Paulo, Blucher, 312p.
- Robinson, M., Souza, J.G., Maexumi, Y., Cárdena, M., Pessenda, L.C.R., Prufer, K., Corteletti, R., Scunderlick, D. Mayle, F.E., Bçasis, P., Iriarte, J., 2018, Uncoupling human and climate drivers of late Holocene vegetation change in southern Brazil: Scientific Reports, vol. 8(7800).
- Romariz, D.A., 1974, Aspectos da Vegetação do Brasil: Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Documentação e Divulgação Geográfica e Cartográfica, 60 p.
- Roubik, D.W., Moreno, J.E., 1991, Pollen and spores of Barro Colorado Island. Monogr.in Syst. Bot. of the Miss. Bot. Garden, v. 36, 269 p.
- Saia, S.E.M.G., Passenda, L.C.R., Gouveia, S.E.M., Aravena, R., Bendassolli, J.A., 2008, Last Glacial Maximum vegetation changes in the Atlântic Forest, southeastern Brazil: Quaternary International, v. 184, p. 195-201.
- Sales, E.d.O., Barreto, C.F., Barth, O.M., 2011, Morfologia polínica de espécies de Euphorbiaceae s.l. arbóreas ocorrentes no Estado de Santa Catarina, Brasil: Hoehna, v. 38(3), p. 495-500, doi:10.1590/S2236-89062011000300007.
- Salgado-Labouriau, M.L., 1961, Palinologia: fundamentos, técnicas e algumas perspectivas: Revista Brasileira de Geografia, v. 23(4), p. 695-717.
- Salgado-Labouriau, M.L., 1973, Contribuição à palinologia dos cerrados: Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Letras, 291p.
- Silva-Fourny, A.C.d., Hollunder, R.K., Garbin, M.L., Carrijo, T.T., Mendonça, C.B.F., Gonçalves-Esteves, V., 2020, Pollen morphology applied to species delimitation of *Myrsine*

(Myrsinoideae-Primulaceae): Plant Systematics and Evolution, v. 306(21), doi:10.1007/s00606-020-01654-y.

Siqueira, E., 2006, História Ecológica da Floresta de Araucária Durante o Quaternário Tardio no Setor Sul da Serra da Mantiqueira: Análises Sedimentológicas e Palinológicas na Região de Monte Verde (MG) [Tese de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, doi:10.11606/D.44.2006.tde-21032007-145459.

Soares, O, 1989, Furnas dos Campos Gerais, Paraná, Curitiba: Editora da UFPR, Scientia et Labor, Série Didática, 82p.

Stevenson, J., Haberle, S., 2005, Macro Charcoal Analysis: A modified technique used by the Department of Archaeology and Natural History: Research Gate.

Stockmarr, J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis: Pollen et Spores, v. 13, p.615-621.

Strikis, N.M., Cruz, F.W., Cheng, H, Karmann, I., Edwards, R.L., Vuille, M., Wang, X., De Paula, M.S., Novello, V. F., Auler, A.S., 2005, Abrupt variations in South American monsoon rainfall during the Holocene based on a speleothem record from central-eastern Brazil: Geology, v. 39 (11): 1075–1078.

Takeda, I.J.M., Farago, P.V., Souza, M.K.F., Gelinski, V.V., 2001, Catálogo polínico do Parque Estadual de Vila Velha, Paraná – 2^a Parte: Publicatio UEPG – Biological and Health Sciences, v. 7(1), p. 7-18.

Vidoto, E., 2008, Reconstrução Paleoambiental (vegetação e clima) no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – SP durante o Quaternário Tardio [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear e Agricultura, doi:10.11606/T.64.2008.tde-15092008-135834.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela de táxons encontrados nas análises palinológicas do testemunho da Lagoa Tarumã, no Parque Estadual Vila Velha (PR).

Divisão	Família	Táxon
Pteridophyta	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium</i>
	Cyatheaeeae	<i>Cyathea</i>
	Dicksoniaceae	<i>Dicksonia</i>
	Polypodiaceae	<i>Polypodium</i>
Gymnospermae	Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i>
	Podocarpaceae	<i>Podocarpus</i>
Angiospermae	Alistamaceae	<i>Echinodorus</i>
	Amaranthaceae	<i>Althernanthera</i>
	Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i>
	Amaranthaceae	<i>Gomphrena</i>
	Anacardiaceae	<i>Anacardiaceae Tipo 1</i>
	Anacardiaceae	<i>Anarcadium</i>
	Anacardiaceae	<i>Astronium</i>
	Anacardiaceae	<i>Schinopsis</i>
	Anacardiaceae	<i>Schinus</i>
	Anacardiaceae	<i>Tapirira</i>
	Apiaceae	<i>Apiaceae Tipo 1</i>
	Apiaceae	<i>Apiaceae Tipo 2 cf.</i>
	Apiaceae	<i>Eringyum</i>
	Apocynaceae	<i>Apocynaceae Tipo 1</i>
	Apocynaceae	<i>Aspidosperma</i>
	Aquifoliaceae	<i>Ilex</i>
	Araceae	<i>Araceae sp. Tipo 1</i>
	Araceae	<i>Spathiphyllum</i>
	Arecaceae	<i>Arecaceae</i>
	Asteraceae	<i>Aspilia</i>
	Asteraceae	<i>Asteraceae</i>
	Asteraceae/Composta	<i>Vernonia discolor</i>
	Begoniaceae	<i>Begonia</i>
	Betulaceae	<i>Alnus</i>
	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>
	Calophyllaceae	<i>Kilmeyera</i>
	Cannabaceae	<i>Celtis</i>
	Cannabaceae	<i>Trema</i>
	Celastraceae	<i>Celastraceae Tipo 1</i>
	Celastraceae	<i>Maytenus</i>
	Chenopodiaceae	<i>Chenopodiaceae</i>
	Chloranthaceae	<i>Hedyosmum</i>
	Cunoniaceae	<i>Lamanonia sp</i>
	Cyperaceae	<i>Cyperaceae</i>

Angiospermae	Eriocaulaceae	<i>Eriocaulaceae sp.</i>
	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbiaceae Tipo 1</i>
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>
	Euphorbiaceae	<i>Microstachys</i>
	Euphorbiaceae	<i>Sebastiania</i>
	Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i>
	Fabaceae	<i>Bauhinia sp.</i>
	Fabaceae	<i>Dalbergia cf.</i>
	Fabaceae	<i>Eriosema cf.</i>
	Fabaceae	<i>Fabaceae Tipo 1</i>
	Fabaceae	<i>Fabaceae Tipo 2</i>
	Fabaceae	<i>Machaerium cf.</i>
	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Mimosa</i>
	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Mimosoideae Tipo 1</i>
	Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Piptadenia</i>
	Haloragaceae	<i>Myriophyllum</i>
	Lamiaceae	<i>Lamiaceae sp.</i>
	Loranthaceae	<i>Loranthaceae sp.</i>
	Lytranceae	<i>Lytranceae sp.</i>
	Malpighiaceae	<i>Byersonia sp.</i>
	Melastomataceae/ Combretaceae	<i>Melastomataceae/ Combretaceae</i>
	Meliaceae	<i>Meliaceae sp.</i>
	Moraceae/ Urticaceae	<i>Moraceae/Urticaceae</i>
	Myrsinaceae	<i>Myrsine</i>
	Myrtaceae	<i>Myrtaceae cf. Tipo 1</i>
	Myrtaceae	<i>Myrtaceae cf. tipo 2</i>
	Mytaceae	<i>Mytaceae</i>
	Phyllanthaceae	<i>Hieronyma</i>
	Phytolaccaceae	<i>Microtea</i>
	Piperaceae	<i>Piper</i>
	Poaceae	<i>Poaceae</i>
	Polygalaceae	<i>Polygalaceae sp.</i>
	Polygonaceae	<i>Polygonum</i>
	Rubiaceae	<i>Borreria</i>
	Rubiaceae	<i>Mitracarpus</i>
	Rubiaceae	<i>Rubiaceae Tipo 1</i>
	Rutaceae	<i>Rutaceae</i>
	Sapindaceae	<i>Dodonaea</i>
	Sapindaceae	<i>Matayba</i>
	Sapindaceae	<i>Paulinia</i>
	Sapindaceae	<i>Sapindaceae Tipo 1</i>
	Sapindaceae	<i>Serjania</i>

Angiospermae	Solanaceae	<i>Solanaceae</i>
	Solanaceae	<i>Solanum</i>
	Styracaceae	<i>Styrax</i>
	Symplocaceae	<i>Symplocos</i>
	Urticaceae	<i>Cecropia</i>
	Verbenaceae	<i>Aegiphila</i>
	Verbenaceae	<i>Verbenaceae</i>
	Vochysiaceae	<i>Vochysiaceae Tipo 1</i>
	Winteraceae	<i>Drimys</i>

APÊNDICE B – Tabela de contagem de gêneros de palinomorfos encontrados no testemunho sedimentar da Lagoa Tarumã por nível, com suas respectivas profundidades (cm), idades (anos cal. A.P.) e agrupamento. TRSH (Trees and shrubs) – Árvores e arbustos; UPHE (Terrestrial herbs) – Ervas terrestres; AQVP (Aquatic herbs) – Ervas Aquáticas; INDET (Indeterminate) – Pólen indeterminados; SPORE (Spores) – Esporos; ALGA (Algae) – Algas.

NÍVEIS (TAR)			I-01	I-02	II-02	I-03	II-03	I-04	II-04	I-06	II-06	I-07	II-07	I-08	II-08	I-09	II-09	I-10	II-10	I-11	II-11	I-12	II-12	I-13	II-13					
Profundidade (cm)			0	24	35	48	60	69	75	83	91	101	111	120	127	136	148	150	154	159	165	175	180	189	195	204	220	229	235	240
Idade (anos cal. A.P)			-50	220	348	507	661	782	866	980	1098	1251	1409	1552	1661	1797	1966	1992	2042	2101	2165	2257	2295	2349	2375	2412	2550	2713	2871	3020
Código	Nome	Grupo																												
Aei	<i>Aegiphila</i> sp.	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Alc	<i>Alchornea</i>	TRSH	16	7	3	9	3	0	1	3	1	2	2	4	0	2	5	3	8	3	2	6	0	2	1	8	3	9	6	0
Aln	<i>Alnus</i>	TRSH	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Anaeae	<i>Anacardiaceae</i>	TRSH	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ana	<i>Anacardium</i>	TRSH	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aru.an	<i>Araucaria angustifolia</i>	TRSH	15	18	31	42	29	30	20	26	14	16	8	23	15	17	22	21	22	18	12	10	8	17	12	16	13	17	13	11
Areeae	<i>Arecaceae</i>	TRSH	0	3	0	3	2	0	1	0	0	6	1	1	0	3	0	1	4	2	6	3	3	0	0	2	3	1	0	0
App	<i>Aspidosperma</i>	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asm	<i>Astronium</i>	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Bau	<i>Bauhinia</i>	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Byr	<i>Byrsonima</i>	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clseae	<i>Celastraceae</i>	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cel	<i>Celtis</i>	TRSH	0	2	4	4	2	4	4	6	2	4	1	4	1	0	1	2	0	4	1	2	2	2	3	2	1	2	6	3
Dab-t	<i>Dalbergia</i> cf.	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Don	<i>Dodonaea</i>	TRSH	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dri	<i>Drimys</i>	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Hdm	<i>Hedyosmum</i>	TRSH	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0
Hie	<i>Hieronyma</i>	TRSH	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	2	3	4	2	1	1	1	
Ilx	<i>Ilex</i>	TRSH	0	0	2	4	2	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Kiel	<i>Kielmeyera</i>	TRSH	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lma	<i>Lamanonia</i>	TRSH	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	3	1	1	0	1	1	0	1	1	1	2	
Loreae	<i>Loranthaceae</i>	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mch/Dlb	<i>Machaerium / Dalbergia</i>	TRSH	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Mta	<i>Matayba</i>	TRSH	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
May	<i>Maytenus</i>	TRSH	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobeae/Mlaeae	<i>Melastomataceae/ Combretaceae</i>	TRSH	0	7	3	5	5	0	3	1	4	6	3	9	3	3	5	6	4	4	1	4	0	4	2	6	1	4	1	4
Meleae	<i>Meliaceae</i> sp.	TRSH	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mim	<i>Mimosa</i>	TRSH	1	0	6	4	5	6	8	14	9	1	7	4	4	3	8	6	7	6	3	9	5	7	2	8	1	2	8	5
mimoid(polyad)	<i>Mimosoideae</i>	TRSH	5	0	1	0	0	0	0	3	0	1	2	0	2	0	1	2	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	
Urteae/Moreae	<i>Moraceae/ Urticaceae</i> </td																													

APÊNDICE C – Descrições taxonômicas dos tipos polínicos encontrados.

➤ Gminospermae

- Araucariaceae

Araucaria angustifolia (I:1a,b) – pólen esférico a subesferoidal, inaperturado, com tectum granulado, apolar e assimétrico, dimensões 40 µm (Siqueira, 2006).

- Podocarpaceae

Podocarpus lambertii (II:2) – grão vesiculado, bissacado, com simetria bilateral, heteropolar, com exina tectada e microrreticulada, vesículas com retículos irregularmente reticulados, P (36 um), Corpo central (49 µm), Vesículas (16 µm), exina (2 µm) (Siqueira, 2006).

➤ Angiospermae

- Alistamaceae

Echinodorus (I:3a,b) – grãos de pólen monadês, apolares, esferoidal, pantoporado, escabrado, exina delgada, nexina mais espessa que a sexina. D (20 µm) (Lorente et al., 2017).

- Amaranthaceae

Altheranthera sessilis (I:4) – grãos de pólen mônades, pequenos, pantoporados, esféricos, reticulados, homobrocados, poros circulares localizados nos lúmens dos retículos, em média cerca de 6 poros por face. D (15,4µm) (Lorente et al., 2017).

Gomphrena (I:5) – grãos de pólen mônades, tamanho médio, pantoporados, esféricos, reticulados, homobrocados, poros circulares localizados nos lúmens dos retículos. D (21,5 - 32,1 µm) (Lorente et al., 2017).

- Anarcadiaceae

Astronium sp. (I:6a,b) – grãos de pólen mônades, tamanho médio, tricolporados, âmbito subtriangular, estriados-reticulados, heterobrocados, lúmens alongados e paralelos, poros lalongados. P (24,7 - 29,1 µm); E (24,9 - 27,0 µm) (Lorente et al., 2017).

- Apiaceae

Eryngium sp (II:7a,b,c,d,e) – mônade, simetria radial, exina tectada, sexina micro-reticulada, tricolporado, amb circular, P (31 x 14 µm) (Colinvaux et al, 1999).

- Aquifoliaceae

Ilex sp (II:8a,b) – mônade, simetria radial, exina intactada, sexina baculada, tricolporado, poros lalongados, colpos longos, amb circular, dimensões 30 x 25 µm (Colinvaux et al, 1999).

- Araceae

Spathiphyllum (II:9) – mônade, simetria radial, isopolar, elíptico, inaperturado, ornamentação plicada, P/E. P(16 - 18,4 μm); E(9,6 - 12 μm).

- **Arecaceae**

Arecaceae (II:10) – mônade, simetria bilateral, suboblatos, âmbito periforme, monossulcados, exina finamente escabrada. Diâmetro maior (30-41 μm); Diâmetro menor (12-21 μm).

- **Asteraceae**

Asteraceae (II:11) – mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado, exina tectada, equinado, âmbito circular, esferoidal, dimensão (14-20 μm) (Colinvaux et al, 1999)

Vernonia (II:12a,b) – tricolporado, subprolato (subesferoidal), exina com báculos bem evidentes, paredes da sexina bem espessas, equinado, lofado, dimensão (xx) (Takeda, 2001).

- **Begoniaceae**

Begonia (II:13a,b) – grãos de pólen mônades, pequenos, tricolporados, âmbito trilobado, prolatos, psilados, poros lalongados. P (11,5-15,9 μm); E (7,5-8,1 μm) (Lorente et al., 2017).

- **Betulaceae**

Alnus (II:14) – grãos de pólen mônades, isopolar, com simetria radial, sthefanoporado (5-poros), exina tectada, psilado a levemente escabrado, poros circulares e salientes com 1,5 μm de diâmetro, costa ectopori de 2 μm de grossura, presença de arco, amb pentagonal irregular, aparentemente oblato, dimensão (21 μm) (Colinvaux et al, 1999).

- **Cannabaceae**

Celtis brasiliensis (II:15a,b) – grãos de pólen mônades, pequenos, triporados, âmbito triangular convexo, suboblatos a esferoidais, escabridos, poros circulares com ânulo. P (16,2-22,5 μm); E (10,2-20,9 μm) (Lorente et al., 2017).

Trema micrantha (II:16) – Suboblatos a oblato esferoidal, bilateral, apolar, pequeno, levemente elíptico na forma (outline), biporado, psilado a escabrido, columela levemente evidente. P (15-19 μm); E (16-23 μm) (Masetto&Lorscheitter, 2015).

- **Chenopodiaceae**

Chenopodium sp. (III:17) – mônade, apolar, periporada, com sexina granulada, esférico a subesferoidal, D (22 μm), exina (3 μm) (Siqueira, 2006).

- **Cyperaceae**

Cyperus (III:18): grãos de pólen mônades, tamanho médio, 3-4 porados, heteropolares, microrreticulados. EM (23,3 - 25,2 μm); Em (17,0 - 22,0 μm) (Lorente et al., 2017).

Cyperaceae Tipo 1 (III:19) – grãos de pólen mônades, tamanho médio heteropolares, simetria radial, prolato-esferoidais, aberturas em sulcos, exina tectada, ornamentação granulada a escabrida, polo distal geralmente mais largo que o polo proximal e alguns grãos apresentando sulcos paralelos ao eixo polar. Diâmetro polar (30-35. μm), diâmetro equatorial (25-40 μm) (Macedo et al., 2009).

- **Chloranthaceae**

Hedyosmum brasiliense (III:20a,b) – mônade, assimétrico, exina intectada, sexina clavada, inaperturado, amb circular, 41 μm (Colinvaux et al, 1999).

- **Eriocaulaceae**

Actinocephalus (III:21a,b) – grãos de pólen mônades, tamanho médio, culpados, espiraperturados, esféricos, equinados, D (25,9 - 28,5 μm) (Lorente et al., 2017).

- **Euphorbiaceae**

Alchornea sp.(III:22a,b) – grãos de pólen mônades, pequenos, tricolporados, âmbito subtriangular, suboblatos a circulares, escabridos, poros lalongados, com opérculo. P (14,9-20,0 μm); E (17,4-21,4 μm) (Lorente et al., 2017).

Sebastiania Tipo 1.(III:23a,b) – grãos de pólen mônades, tamanho pequeno, tricolporados, âmbito circular a trilobado, circulares em vista equatorial, superfície microrreticulada, colpos com margem, poros circulares, dimensão (cerca de 30 μm) (Lorente et al., 2017).

- **Fabaceae (Mimosoideae)**

Mimosa ceratonia var. *pseudo-obovata* (III:24)– tétrades, grãos psila-dos. D (10,0-14,4 um). (Lorente et al., 2017)

Mimosa velloziana (III:25) – tétrades, grãos psilados, D (8,0-11,9 μm) (Lorente et al., 2017)

Parapiptadenia pterosperma.(III:26) – políades compostas por 14 a 16 grãos de pólen, psilados. D (21,7-36,2 μm) (Lorente et al., 2017).

Senegalia tenuifolia (III:27) – políades compostas por 16 grãos de pólen psilados. D (25,8-41 μm) (Lorente et al., 2017).

- **Lamiaceae**

Lamiaceae Tipo 1 (IV:28a,b)– grãos de pólen mônades, tamanho médio, 6-colpado, âmbito hexalobado, esférico, reticulados, homobrocados, exina espessa nos polos. D (24 μm). (Lorente et al., 2017).

- **Myrsineaceae**

Myrsine (IV:29a,b) – grãos de pólen mônades, isopolares, tamanho pequeno a médio, subprolato a prolato esferoidal, 3-4colporado, exina (1,2-2,0 μm), microreticulado ou granulado. P (17-28 μm); E (17-27 μm) (Silva-Fourny et al., 2020).

- **Myrtaceae**

Myrtaceae Tipo 1 (IV:30a,b)– grãos de pólen mônades, pequenos, tricolporados, sincolporados, âmbito triangular reto a convexo, oblato, escabridos, homobrocados. P (15 μm); E (6,7 μm) (Lorente et al., 2017).

Myrtaceae Tipo 2 (IV:31a,b)– grãos de pólen mônades, pequenos, tricolporados, sincolporados, âmbito triangular convexo, oblato, escabridos, homobrocados, poros circulares. Dimensão (cerca de 17 μm) (Lorente et al., 2017).

Myrtaceae Tipo 3 (IV:32)– grãos de pólen mônades, pequenos, tricolporados, sincolporados, âmbito triangular reto, oblato, escabridos, homobrocados. Dimensão (cerca de 15 μm) (Lorente et al., 2017).

- **Phyllantaceae**

Hieronima (IV:33a,b) – Grãos de pólen mônades, isopolares, pequenos, simetria radial, prolato, âmbito subtriangular, 3-colporados, colpos longos, endoaberturas lalongadas e exina microrreticulada. P (23,6 μm); E (12 μm) (Sales et al., 2011).

- **Phytolaccaceae**

Microtea paniculata (IV:34)– grãos de pólen mônades, pequenos, periporados, esféricos, microequinados, poros circulares. D (15,4-19,7 μm) (Lorente et al., 2017).

- **Piperaceae**

Piper sp. (IV:35a,b) – mônade, simetria bilateral, exina tectada, sexina psilada, monocolpado, âmbito circular, dimensões (10 x 7 μm) (Roubik & Moreno, 1991).

- **Poaceae**

Poaceae (IV:36) – grãos de pólen mônade, assimétrico, exina tectada, sexina psilada, monoporado, com ânulo, âmbito circular, dimensões (28-50 µm) (Colinvaux et al, 1999).

- **Polygonaceae**

Polygonum (V:37a,b)– grãos de pólen mônades, grandes, apolares, simetria radial, esféricos, circulares, pantoporados, tectatos, columelados e ornamentação reticulada, com retículos de muros altos formando figuras poliédricas irregulares. D (cerca de 50 µm) (Macedo et al., 2009).

- **Rubiaceae**

c.f. *Borreria cupularis* (V:38a,b)– grãos de pólen mônades, pequenos, periporados, esféricos, reticulados, poros circulares. D (22,2-25,0 µm) (Lorente et al., 2017).

- **Sapindaceae**

Matayba guianensis (V:39a,b): grãos de pólen mônades, tamanho médio, tricolporados, sincolpados, âmbito triangular reto a côncavo, oblato, microrreticulados, poros circulares. P (14,5-15,7 µm); E (26,7-31,1 µm) (Lorente et al., 2017).

Paullinia (V:40a,b): grãos de pólen mônades, tamanho médio, triporados, anguloaperturados, âmbito triangular reto, oblato, reticulados, poros circulares. P(19,7-22,7 µm); E (34,9-38,6 µm) (Lorente et al., 2017).

Serjania caracasana (V:41) – grãos de pólen mônades, tamanho médio, triporados, âmbito triangular reto, oblato, reticulados, homobrocados, poros elípticos. P (26,1-26,3 µm); E (40,8-44,7 µm) (Lorente et al., 2017).

- **Urticaceae / Moraceae**

Cecropia pachystachya (V:42)– grãos de pólen mônades, pequenos, diporados, âmbito elíptico, prolato, psilados, poros pequenos e circulares. P (12,0-12,6 µm); E (7,8-8,8 µm) (Lorente et al., 2017).

Urticaceae / Moraceae (V:43a,b)– grãos de pólen mônades, pequenos, 2-3-4 porados, âmbito elíptico a esférico, psilados a escabridos, poros pequenos e circulares. P (8,4-17 µm); E (7,8-17 µm) (Lorente et al., 2017).

➤ **Pteridophyta**

- **Cyatheaceae**

Cyathea sp. Tipo 1 (VI:44a,b) – esporo trilete, heteropolar, simetria radial, margo espesso com cerca de 6 µm e ligeira convergência na parte proximal, esclerina levemente verrucada. P (38 µm); E (36 µm) (Siqueira, 2006).

Cyathea sp. Tipo 2 (VI:45a,b) – esporo trilete, heteropolar, simetria radial, margo fino com aproximadamente 2 µm, esclerina psilada. P (29 µm); E (30 µm) (Siqueira, 2006).

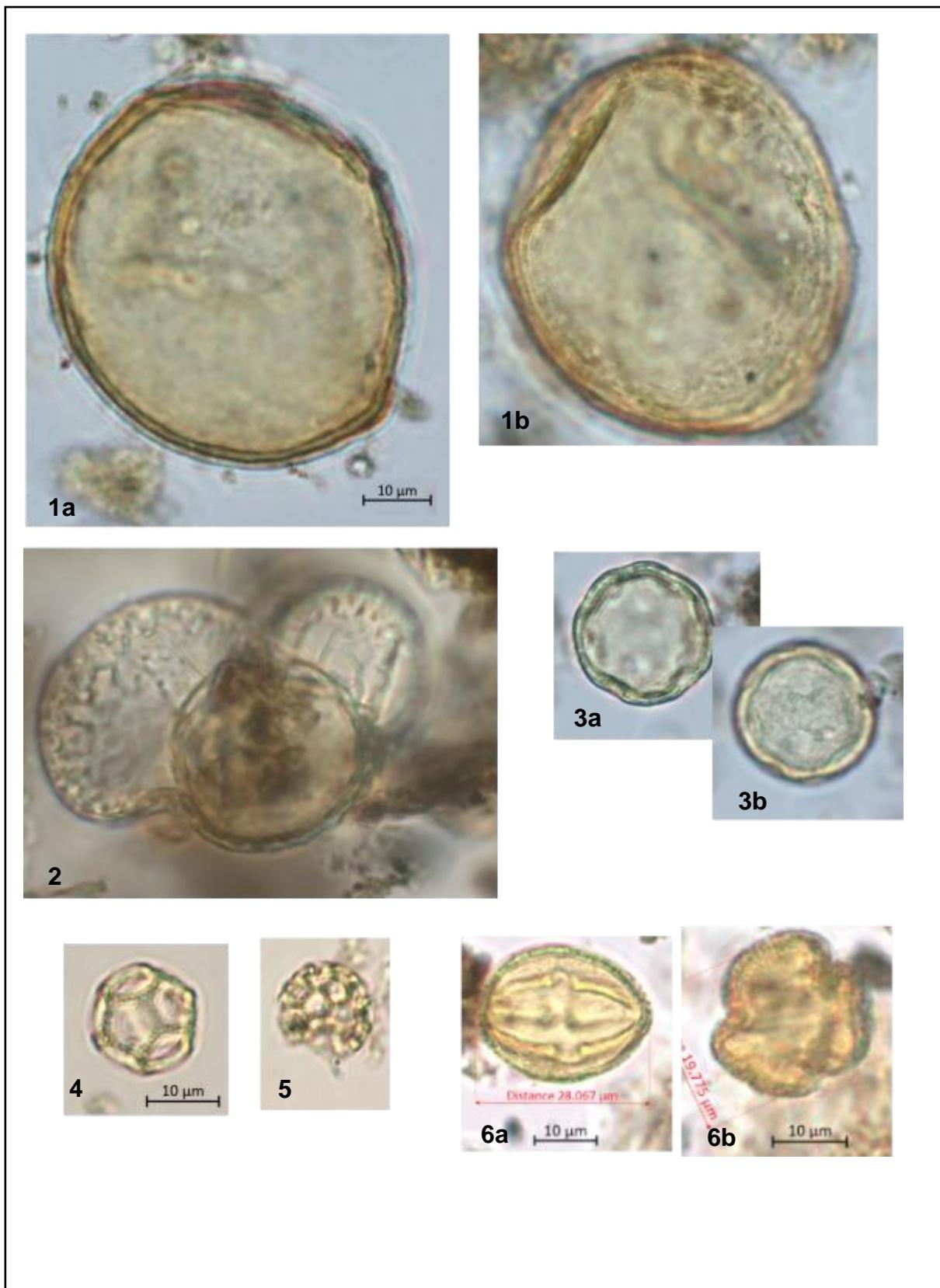
- **Dicksoniaceae**

Dicksonia sp. Tipo 1 (VI: 46) – esporo trilete, heteropolar, simetria radial, margo pronunciado nas extremidades, laesura trilete aguda. P (48 µm); E (40 µm) (Siqueira, 2006).

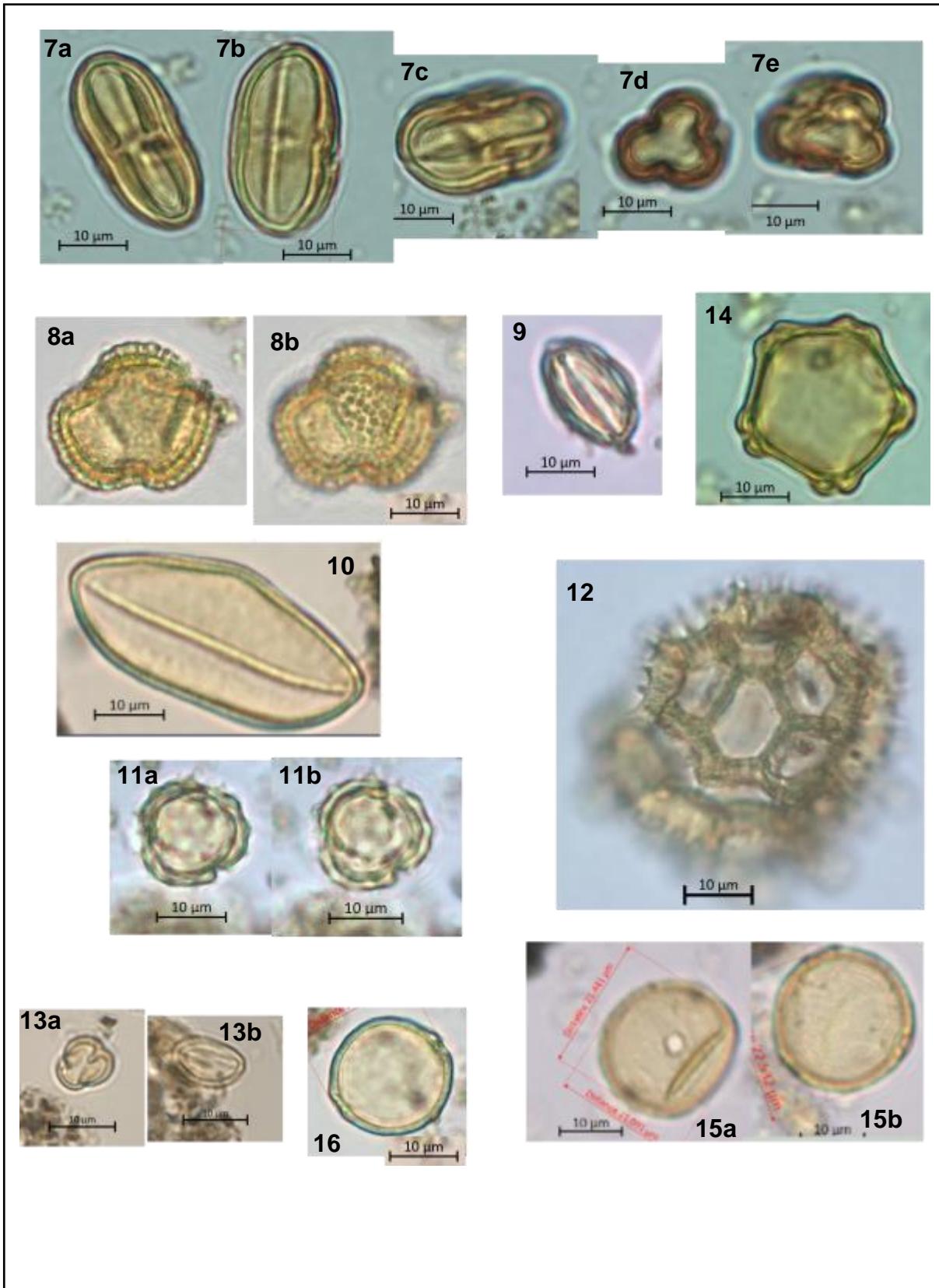
- **Polypodiaceae**

Polypodium sp. (VI:47) – esporo monolete, esclerina verrucada, laesura visível, com aproximadamente $\frac{3}{4}$ do tamanho total. Dimensões (55 x 35 µm) (Colinvaux et al, 1999).

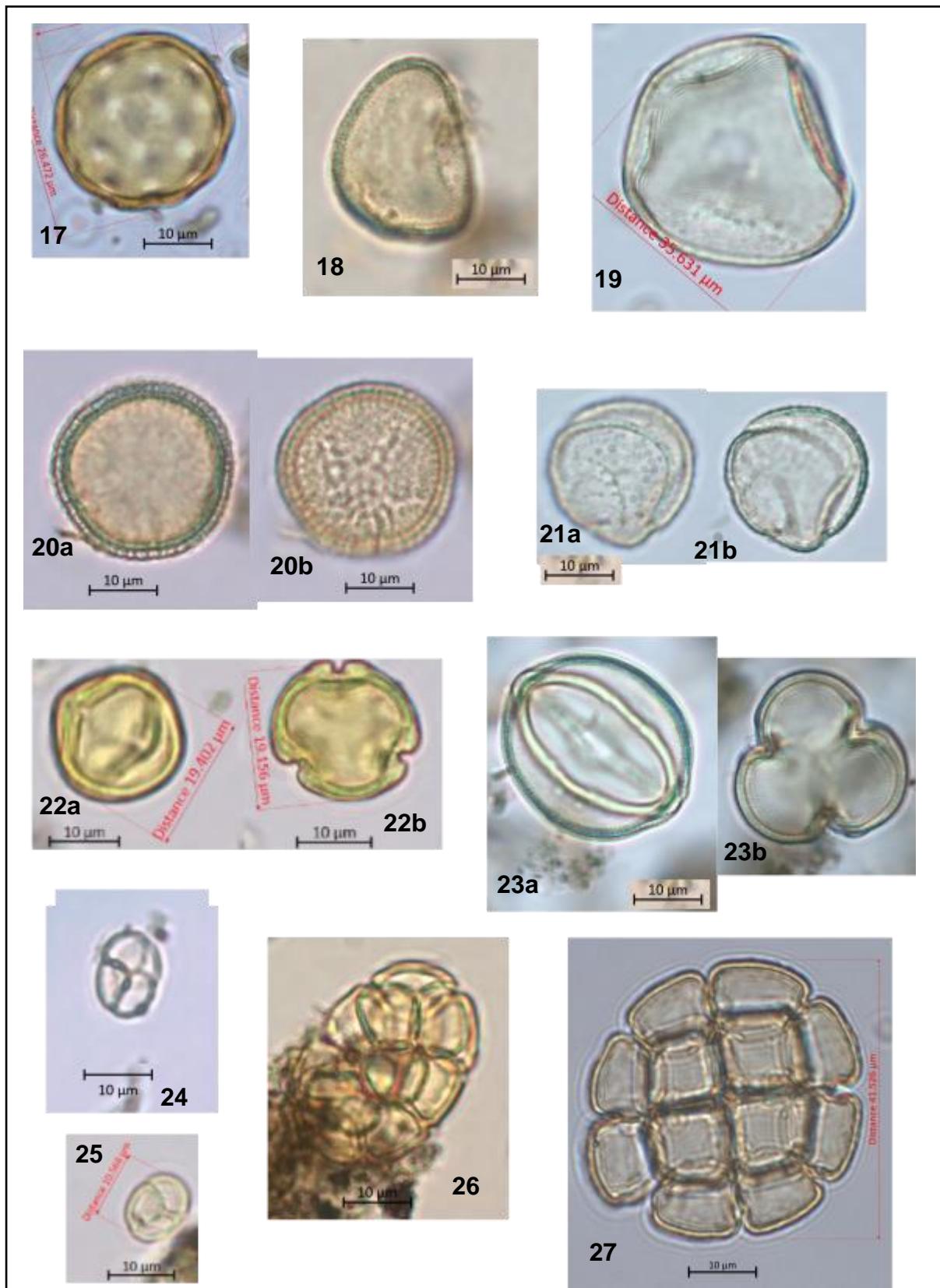
APÊNDICE D – Fotomicrografias de grãos de pólen de Gimnospermas e Angiospermas.



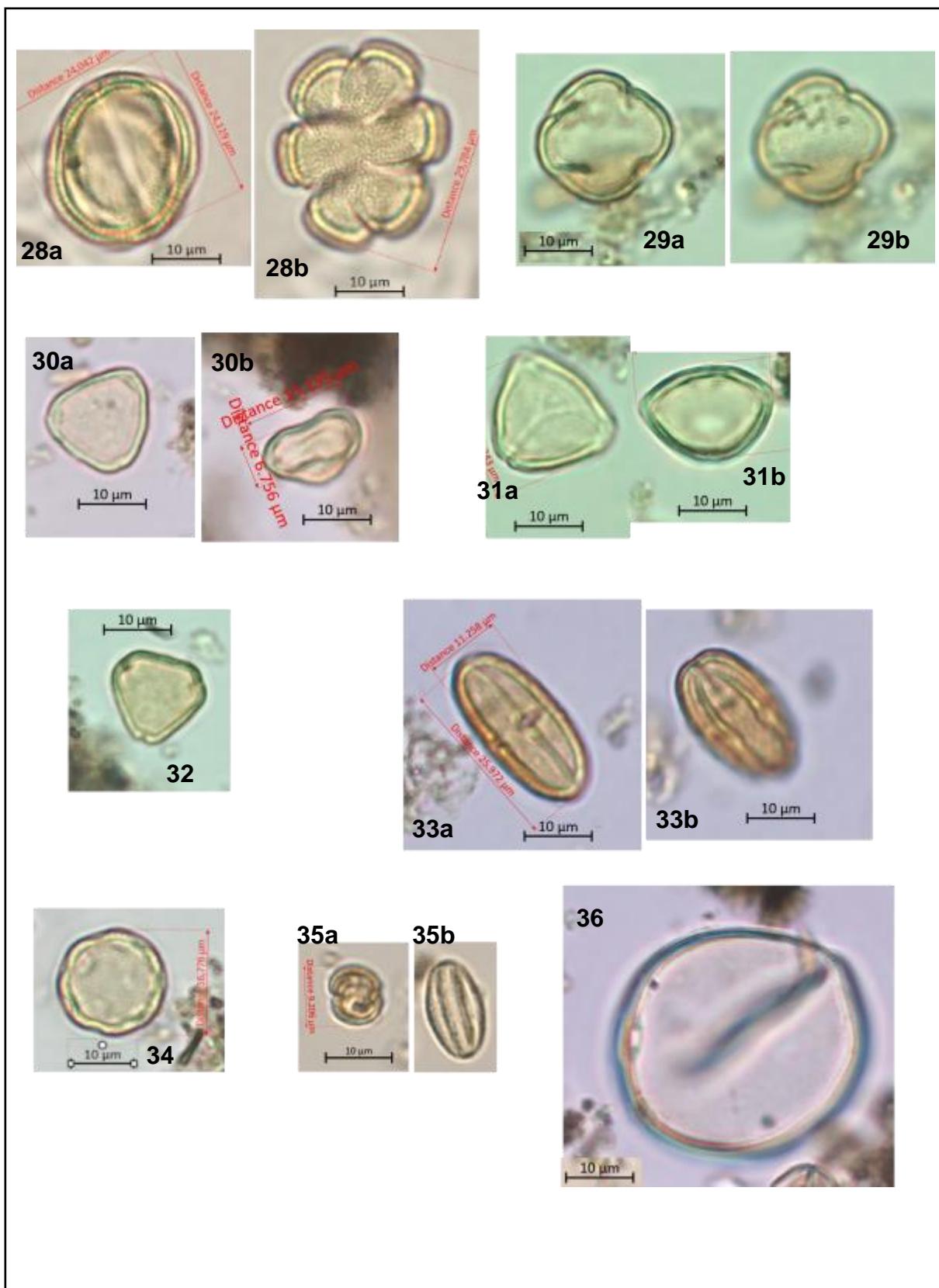
PRANCHA I: **Gymnospermae:** Araucariaceae: *Araucaria angustifolia* (1a,b); Podocarpaceae: *Podocarpus lambertii* (2); **Angiospermae:** Alistamaceae: *Echinodorus* (3a,b); Amaranthaceae: *Althernanthera sessilis* (4); *Gomphrena* (5); Anarcadiaceae: *Astronium* (6a,b).



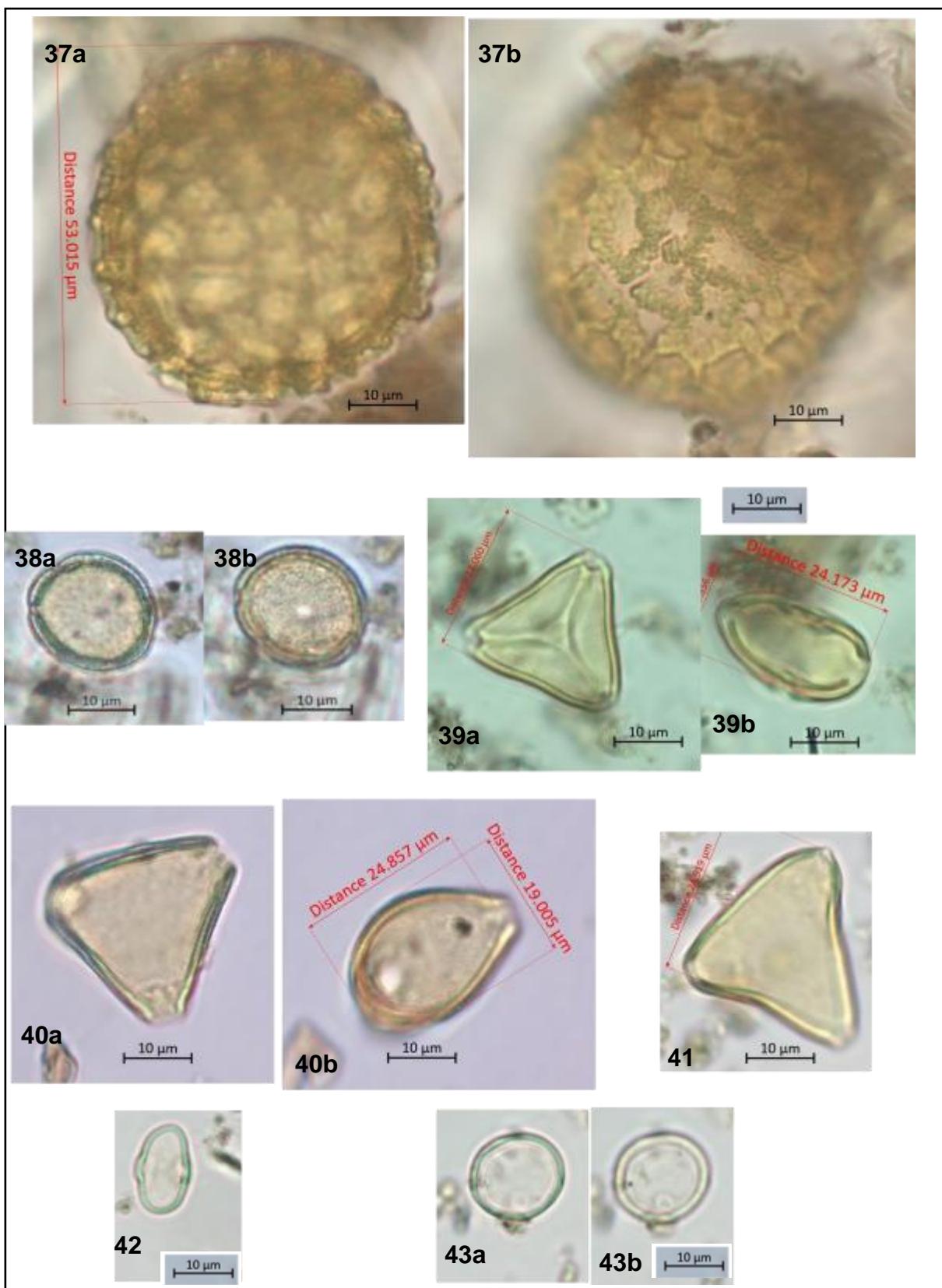
PRANCHA II: **Apiaceae**: *Eryngium* (7a,b,c,d,e); **Aquifoliaceae**: *Ilex* sp. (8a,b); **Araceae**: *Spathiphyllum* (9); **Arecaceae**: Arecaceae Tipo 1 (10); **Asteraceae**: Asteraceae (11a,b); *Vernonia* (12); **Betulaceae**: *Alnus* (14); **Begoniaceae**: *Begonia* (13a,b); **Cannabaceae**: *Celtis* (15a,b); *Trema micrantha* (16).



PRANCHA III: **Chenopodiaceae:** *Chenopodium* sp. (17); **Cyperaceae:** *Cyperus* (18); *Cyperaceae Tipo 1* (19); **Chloranthaceae:** *Hedyosmum brasiliense* (20a,b); **Eriocaulaceae:** *Actinocephalus* (21a,b); **Euphorbiaceae:** *Alchornea* sp. (22a,b); *Sebastinia Tipo 1* (23a,b); **Fabaceae (Mimosoideae):** *Mimosa ceratonia* var. *pseudo-obovata* (24); *Mimosa velloziana* (25); *Parapiptadenia pterosperma* (26); *Senegalnia tenuifolia* (27)

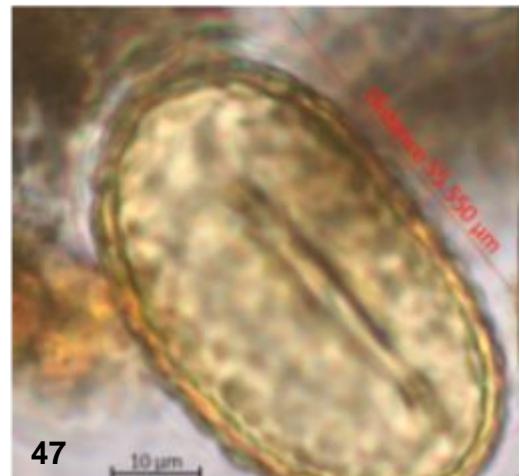
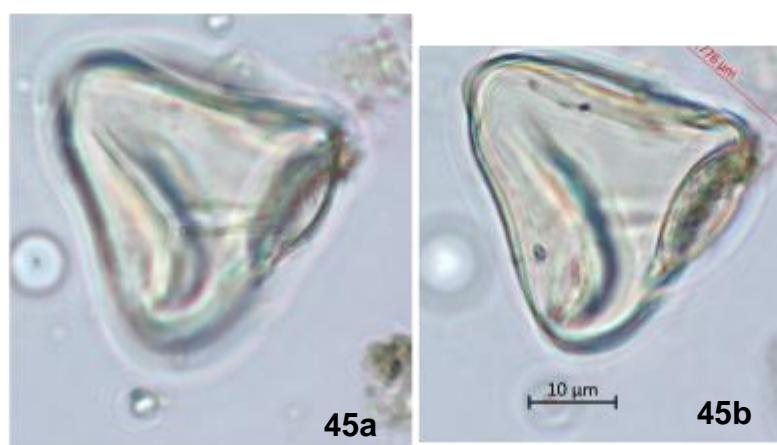
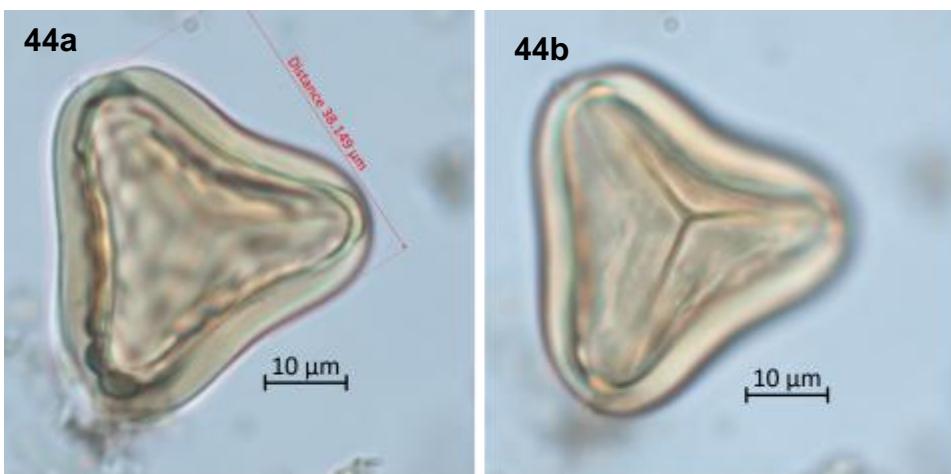


PRANCHA IV: **Lamiaceae:** *Lamiaceae* Tipo 1 (28a,b); **Myrsineaceae:** *Myrsine* (29a,b); **Myrtaceae:** *Myrtaceae* Tipo 1 (30a,b); *Myrtaceae* Tipo 2 (31a,b); *Myrtaceae* Tipo 3 (32); **Phyllantaceae:** *Hieronima* (33a,b); **Phytolaccaceae:** *Microtea paniculata* (34); **Piperaceae:** *Piper* sp. (35a,b); **Poaceae:** *Poaceae* (36).



PRANCHA V: **Polygonaceae:** *Polygonum* (37a,b); **Rubiaceae:** c.f. *Borreria cupularis*(38a,b); **Sapindaceae:** *Matayba guianensis* (39a,b); *Paulinia* (40a,b); *Serjania* (41); **Urticaceae/Moraceae:** *Cecropia pachystachya* (42); **Urticaceae/Moraceae** (43a,b).

APÊNDICE E – Pranchas dos grãos de esporos de Pteridófitas.



PRANCHA VI: Pteridophyta: Cyatheaceae: *Cyathea* sp. Tipo 1 (44a,b); *Cyathea* sp. Tipo 2 (45a,b); **Dicksoniaceae:** *Dicksonia* sp. Tipo 1 (46); **Polypodiaceae:** *Polypodium* sp. (47).