UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM GEOGRAFIA

ISIS FUMAGALLI DE MORAES

Significado Paleoambiental de Registro Palinológico da ESEC Mata Preta, Planalto Subtropical com Araucárias, Abelardo Luz (SC)

Francisco Beltrão, 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM GEOGRAFIA

ISIS FUMAGALLI DE MORAES

Significado Paleoambiental de Registro Palinológico da ESEC Mata Preta, Planalto Subtropical com Araucárias, Abelardo Luz (SC)

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestra no Programa de Pós-Graduação em Geografia, na linha de pesquisa: “Dinâmica, utilização e preservação do meio ambiente”, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Francisco Beltrão.

Orientadora: Dr.ª Marga Eliz Pontelli

Coorientadora: Dr.ª Gisele L. L. Primam

Francisco Beltrão, 2024

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Moraes, Isis Fumagalli de
Significado Paleoambiental de Registro Palinológico da ESEC Mata Preta, Planalto Subtropical com Araucárias, Abelardo Luz (SC) / Isis Fumagalli de Moraes; orientadora Marga Eliz Pontelli; coorientadora Gisele Leite de Lima Primam. -- Francisco Beltrão, 2024.
77 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Francisco Beltrão) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2024.

1. . I. Pontelli, Marga Eliz, orient. II. Primam, Gisele Leite de Lima, coorient. III. Título.

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Francisco Beltrão
Rua Maringá, 1200 – Bairro Vila Nova
Fone (0**46) 3520-4845– CEP.: 85605-010 – Francisco Beltrão – PR

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – MESTRADO/DOUTORADO

TERMO DE APROVAÇÃO

ÍSIS FUMAGALLI DE MORAES

TÍTULO DO TRABALHO: SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL DE REGISTRO PALINOLÓGICO NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA MATA PRETA, PLANALTO SUBTROPICAL COM ARAUCÁRIAS – ABELARDO LUZ (SC)

DISSERTAÇÃO apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, Mestrado e Doutorado, Área de Concentração: Produção do Espaço e Meio Ambiente, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Francisco Beltrão, julgada adequada e aprovada, em sua versão final, pela Comissão Examinadora, que concede o Título de Mestra em Geografia a autora.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br MARGA ELIZ PONTELLI
Data: 02/10/2024 09:36:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Marga Eliz Pontelli – Orientadora

Julio Cesar Paisani – UNIOESTE/FB

Hermann Behling - University of Göttingen/ Alemanha

Documento assinado digitalmente
gov.br SORAIA GIRARDI BAUERMANN
Data: 09/10/2024 19:49:24-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Soraia Girardi Bauermann – Rede de Catálogos Polínicos Online

Documento assinado digitalmente
gov.br GISELE LEITE DE LIMA PRIMAM
Data: 28/10/2024 19:59:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Gisele Leite de Lima Primam – UFFS/ Chapecó

Francisco Beltrão, 01 de outubro de 2024

AGRADECIMENTOS

Uma vez meu avô me disse que o que levamos da vida são as pessoas que encontramos durante nossa jornada e o conhecimento que adquirimos enquanto estamos por aqui. Mas para que isso seja possível, nós temos que estar abertos para as trocas e adversidades que surgem. Durante esses dois anos, eu encontrei pessoas que me fizeram mais forte, que me proporcionaram trocas significativas e muito especiais, tanto sobre a vida cotidiana quanto sobre o mundo acadêmico, eu sei que vou levar para vida toda cada um que cruzou o meu caminho durante essa curta trajetória que é o mestrado.

O mestrado foi muito desafiador, e eu sabia que iria ser, mesmo assim me joguei como quem se joga em uma piscina em dia quente de verão, e hoje eu vejo que foi uma das melhores escolhas que eu já fiz. Não tem como dizer que tudo foi maravilhoso, pois o desafio está aí para ser percorrido com todos os seus percalços. Mas acredito que o mais desafiador não foi desbravar um mundo totalmente novo que é a geografia física para mim, em que tive que aprender, e reaprender, cada conteúdo, cada significado e cada conceito, o que mais me desafiou foi eu mesma com meus fantasmas que tentam me prender a um passado que eu não quero mais pertencer. Por isso eu quero primeiramente agradecer a mim mesma por ter pulado de cabeça e alma nessa nova etapa da minha vida, lugar esse que está me abrindo muitos caminhos e possibilidades.

É importante expressar minha gratidão às minhas orientadoras, Marga Eliz Pontelli e Gisele Leite de Lima Primam, por terem aceitado me orientar. Por terem me abraçado e me guiado durante esses dois anos, por me ensinarem sobre esse mundo novo em que eu entrei. Mas para além disso, quero agradecer a elas pelas palavras de consolo nos momentos em que precisei, e pela amizade que foi se criando durante esse caminho e nossas trocas. Muito obrigada a essas duas mulheres que um dia decidiram vir para o Oeste e desbravar esse lugar, e que hoje me ajudam a percorrer seus caminhos.

Quero agradecer a minha família, Eduardo e Raul, esposo e filho, por serem pacientes comigo, por entenderem que muitas vezes não consegui me fazer presente em todos os momentos. Por compreenderem que tive que me ausentar por dias a fio para que meu sonho seja construído, e assim para que o

nosso futuro seja melhor. Saibam que o meu coração também ficou apertado nesses momentos de ausência. Amo muito vocês!

Sinto-me imensamente grata pela tia Sela, Seiloi Masetto, e a Andressa Masetto terem cruzado meu caminho e por terem me dado abrigo em Francisco Beltrão. Com as duas adquiri uma nova família a qual eu sei que sempre que precisar irão me acolher e me dar morada, não importa o lugar ou a situação.

Gostaria de agradecer aos meus colegas de laboratórios Guilherme Girardi, Beatriz Barros, Veridiany Lopes, Lais Schneider pelas conversas, risadas, choros, conselhos e trocas de conhecimento. Agradecer a Shirley Balastrelli e Denise Soares pelo companheirismo e amizade que fizemos durante o mestrado, são esses momentos que fazem tudo valer a pena. Sem as amizades que construímos no caminho tudo fica mais pesado, os amigos fazem a jornada ser mais leve.

Também ao técnico de laboratório da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) Gustavo Bloemer, pela paciência e apoio durante meus dias na instituição. Quero agradecer ao professor Andrey Binda, por sempre sanar minhas dúvidas em relação ao clima atual. Agradecer ao Jefferson Radaeski, por ter enfrentado o campo junto comigo e por ter tirado todas as minhas dúvidas referentes aos grãos de pólen que surgiram durante a pesquisa.

Agradecer ao Antônio de Almeida Correia Junior, analista ambiental do NGI ICMBio Palmas, e ao Fábio de Almeida Abreu, chefe do NGI ICMBio Palmas, por terem nos guiado, nos ajudado durante a coleta — que não foi uma tarefa fácil — e por todo o apoio que sempre nos dão durante nossas pesquisas.

Por fim gostaria de agradecer a todas as pessoas que cruzaram meu caminho durante essa jornada. Muito obrigada!

“Life finds a way”

(A vida encontra um meio)

Michael Crichton

Significado paleoambiental de registro palinológico na ESEC Mata Preta, Planalto das Araucárias, Abelardo Luz (SC)

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de análise palinológica efetuada na ESEC da Mata Preta, no Planalto Subtropical com Araucárias, Abelardo Luz (SC), Brasil. O objetivo deste estudo foi investigar a resposta paleoambiental às mudanças ambientais do Quaternário no Planalto Subtropical com Araucárias. Para isso, foi coletado um testemunho sedimentar de 320 cm de profundidade em uma área de turfeira dentro da ESEC-MP. Foram separadas amostras para datação radiocarbônica, e 81 amostras foram tratadas e processadas de acordo com processamento químico padrão de Palinologia de Quaternário. As amostras foram lidas a cada 8 cm, e para cada amostra contou-se 300 grãos de pólen terrestre, os esporos foram contabilizados à parte. Foi gerado diagrama palinológico usando o software Tília, versão 2.6.1, e análise de agrupamento para determinação das fases ambientais. A idade basal do testemunho foi de ~39.647 anos AP, Pleistoceno Superior. A análise de agrupamento dividiu o testemunho em três fases ambientais e duas subfases, sendo elas: AL-Ia, AL-Ib; AL-II; AL-III. O Pleistoceno Superior é caracterizado com clima frio e úmido. Foi identificado a regeneração da floresta após o Último Máximo Glacial (18.000 a 20.000 anos AP). O mosaico campo-floresta caracteriza a vegetação. A turfeira se encontra nessa área há pelo menos ~40.000 anos. Os resultados encontrados nessa pesquisa corroboram com outros trabalhos já realizados no Planalto Subtropical com Araucárias.

Palavras-chaves: Quaternário; Planalto com Araucárias; Palinologia;

Paleoambiente.

Paleoenvironmental significance of palynological records at ESEC Mata Preta, Planalto das Araucárias, Abelardo Luz (SC)

ABSTRACT

This work presents the results of a palynological analysis conducted at ESEC da Mata Preta, in the Subtropical Plateau with Araucárias, Abelardo Luz (SC), Brazil. The objective of this study was to investigate the paleoenvironmental response to Quaternary environmental changes in the Subtropical Araucária Plateau. For this, a 320 cm deep sedimentary core was collected in a peat bog area within ESEC-MP. Samples were separated for radiocarbon dating, and 81 samples were treated and processed according to standard Quaternary Palynology chemical processing. The samples were read every 8 cm, and for each sample 300 grains of terrestrial pollen were counted, the spores were counted separately. A palynological diagram was generated using Tília software, version 2.6.1, and cluster analysis was used to determine environmental phases. The basal age of the core was ~39,647 years BP, Late Pleistocene. The cluster analysis divided the testimony into three environmental phases and two subphases, namely: AL-Ia, AL-Ib; AL-II; AL-III. The Late Pleistocene is characterized by a cold and humid climate. Forest regeneration after the Last Glacial Maximum (18,000 to 20,000 years BP) was identified. The field-forest mosaic characterizes the vegetation. The peat bog has been present in this area for at least ~40,000 years. The results found in this research corroborate with other works already conducted in the Subtropical Plateau with Araucárias.

Key Words: Quaternary; Araucária Plateau; Palynology; Paleoenvironment.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das glebas da ESEC Mata Preta no estado de Santa Catarina e localização do ponto de coleta 15
Figura 2 – Aspecto da vegetação na Estação Ecológica da Mata Preta 16
Figura 3 – Classes hipsometrias e localização do ponto de coleta 18
Figura 4 – Aspecto do relevo de patamar dissecado: desnível entre o topo da Serra da Fartura (Rincão Torcido) e o ponto de coleta (A); morfologia ondulada em patamar intermediário (B); visão E-W e N-S da turfeira onde foi realizada a coleta (C e D) 18
Figura 5 – Climograma das temperaturas médias mensais e precipitação em Abelardo Luz (SC) nos últimos 30 anos 21
Figura 6 – Estrutura do grão de pólen 28
Figura 7 – Vista parcial da turfeira 38
Figura 8 – Coletor tipo Russian 39
Figura 9 – Testemunho sedimentar coletado na ESEC-MP 44
Figura 10 – Diagrama Palinológico da ESEC-MP – Soma 50
Figura 11 – Diagrama Palinológico da ESEC-MP – Campos 51
Figura 12 – Diagrama Palinológico da ESEC-MP – Floresta 52
Figura 13 – Diagrama Palinológico da ESEC-MP – Esporos 53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Definição de cor e textura ao tato..... 45
Quadro 2: Inventário dos grãos de pólen e esporos encontrados na ESEC-MP 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviatura	Significado
AL	Abelardo Luz
ABEQUA	Associação Brasileira de Estudos do Quaternário
Apremavi	Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida
AP	Antes do Presente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
ESEC-MP	Estação Ecológica da Mata Preta
EUA	Estados Unidos da América
FLONA	Floresta Nacional
FOM	Floresta Ombrófila Mista
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INQUA	*International Union for Quaternary Research*
MIS2	Último Máximo Glacial
MIS3	Último Interestadial
MOS	Matéria Orgânica do Solo
PR	Paraná
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2 ÁREA DE ESTUDO 15

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 23

3.1 O Período Quaternário 23

3.2 Palinologia em Estudos Ambientais 25

3.2.1 GRÃOS DE PÓLEN E ESPOROS 26

3.2.2 AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO DE PALINOMORFOS 28

3.3 Reconstrução Paleoambiental do Período Quaternário 30

3.4 Reconstruções Paleoambientais no Planalto Subtropical com Araucárias 31

3.4.1 A PARTIR DE REGISTROS *MULTI PROXIES* 31

3.4.2 A PARTIR DE REGISTROS PALINOLÓGICOS 32

4 MATERIAIS E MÉTODOS 38

4.1 Coleta das amostras 38

4.2 Descrição morfológica do testemunho sedimentar 40

4.3 Geocronologia 40

4.4 Processamento químicos das amostras 41

4.5 Processamento químico padrão para Palinologia de Quaternário 41

4.6 Análise quantitativa e qualitativa 42

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 44

5.1 Descrição morfológica do testemunho sedimentar 44

5.2 Análise palinológica 46

5.2.1 AL-I (COM INTERVALO DE 320 CM ATÉ 136 CM; 11 AMOSTRAS) 54

5.2.1.1 AL-IA (COM INTERVALO DE 320 CM ATÉ 256 CM; 9 AMOSTRAS) 54

5.2.1.2 AL-IB (COM INTERVALO DE 256 CM ATÉ 136 CM; 7 AMOSTRAS) 54

5.2.2 AL-II (COM INTERVALO DE 136 CM ATÉ 64 CM; 2 AMOSTRAS) 55

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 57

6.1 Expansão e retração da Floresta (~39.647 anos AP - ~18.483 anos AP) 57

6.2 Expansão dos Campos durante o final do Pleistoceno (~18.483 anos AP até ~9.639 anos AP) 59

6.3 Retomada da expansão florestal a partir do Holoceno inferior (~9.639 anos AP ao período moderno) 61

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 63

8 REFERÊNCIAS 65

1. INTRODUÇÃO

O período Quaternário iniciado há 2,58 milhões de anos (Gibbard *et al*., 2010), tem como característica apresentar mudanças climáticas, com alternância de períodos glaciais e interglaciais, nos quais as temperaturas globais foram mais baixas ou semelhantes às atuais. Ele é dividido em duas épocas: Pleistoceno (2,58 milhões até 11.700 anos AP) e Holoceno (11.700 anos AP até o presente).

No Quaternário os continentes já se encontravam na sua posição atual, não sofrendo modificações significativas referente à movimentação das plataformas continentais. No entanto, as mudanças climáticas verificadas neste período impactaram nas taxas de intemperismo e pedogênese, nos regimes fluviais, no nível dos oceanos e na distribuição dos seres vivos. Em decorrência disso, os seres vivos migraram ou se adaptaram a tais mudanças (Moura, 2009).

Muitas das evidências deixadas pelas mudanças ambientais ficaram preservadas sob a forma de registro sedimentar, possibilitando a reconstituição de ambientes pretéritos, por meio dos chamados dados representativos ou *proxy records.* Esses são definidos como arquivos de fenômenos naturais com registro das condições ambientais pretéritas (Suguio, 2001). Os *proxies* podem corresponder a registros históricos, anéis de árvores, sedimentos lacustres, testemunhos de gelo, *loess*, testemunhos submarinos, corais, paleossolos, feições geomórficas, sedimentos e microfósseis — fitólitos e palinomorfos.

O estudo de palinomorfos — termo geral designado para agrupar grãos de pólen, esporos e outros materiais biológicos que podem ser estudados com técnicas palinológicas (Salgado-Labouriau, 2007) — denominado Palinologia, tem sido amplamente utilizado em trabalhos de reconstituição paleoclimática. Dentre os elementos do meio físico, considerados essenciais na verificação de mudanças de cobertura vegetal em determinada área, está o clima (Bradley, 1999).

Estudos de Palinologia com o objetivo de reconstituir os climas do passado começaram a ser realizados no início do século XX, em 1909 (Salgado-Labouriau, 1961). No Brasil esses estudos tiveram início na década de 1970, mais especificamente em 1979, com Maria Lúcia Absy pesquisando o Holoceno na Amazônia Brasileira. Estes estudos se fortaleceram ao longo da década de 1990, disseminando-se em várias regiões do país, na busca de contar a história

da paleovegetação e paleoclima entre o Pleistoceno Tardio e o Presente (Oliveira *et al*, 2005).

No estado de Santa Catarina, um dos primeiros estudos publicados (Behling, 1995) traz resultados analíticos de quatro testemunhos sedimentares, sendo três na borda do Planalto Vulcânico Sul brasileiro e um na planície costeira. Desde então, vários trabalhos foram realizados neste setor de influência direta do oceano Atlântico (Roth; Lorscheitter, 1991; Behling *et al*., 2001; Behling *et al*., 2003; Behling *et al*., 2004; Jeske-Pieruschka *et al*., 2010; Lima, 2010), indicando sinal de umidade entre 42.840 anos AP a 26.900 anos AP. A partir disso teria se desenvolvido clima sazonal, com períodos secos anuais.

A aplicação da Palinologia de quaternário em sedimentos no interior do Planalto Subtropical com Araucárias (Lima *et al*., 2016; Eidt, 2019; Perin *et al*., 2021; Graeff, 2023) indica sinal, principalmente em relação à umidade, diferente daquele registrado por sedimentos palinológicos na planície costeira e borda do planalto. Na pesquisa de Eidt (2019), desenvolvida em área de ecótono da Floresta Ombrófila e Floresta Estacional Semidecidual, os resultados sugerem aumento da umidade em torno de 6 mil anos AP. Por outro lado, Perin *et al*. (2023) estudando sedimentos em área *core* de Campos, não observaram tendência de umidade. Já Lima *et al*. (2016) e Graeff (2023) sugerem aumento da umidade em torno de 4 mil anos em áreas de ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista (FOM) e Campos.

Na superfície de cimeira de Palmas (PR)/Caçador (SC), a reconstrução paleoambiental obtida com base em análise *multi proxies* registra ambiente de condições úmidas e frias no Último Interestadial (MIS3), migrando para mais seco na transição deste para o Último Máximo Glacial (MIS2). Do Último Máximo Glacial ao Holoceno Superior teria ocorrido regime ambiental seco contínuo, pontuado por flutuações climáticas milenares de condições para mais úmido. Nesse período teria havido, na região, substituição da vegetação de Campos Sujos para Campos Limpos. No Holoceno, a partir de 2.600 anos AP até o presente, o ambiente fiaria progressivamente mais úmido e frio, com retomada da floresta nos flancos dos fundos de vales menores de quarta ordem e vegetação de Campos Limpos nas encostas (Paisani *et al*, 2019a).

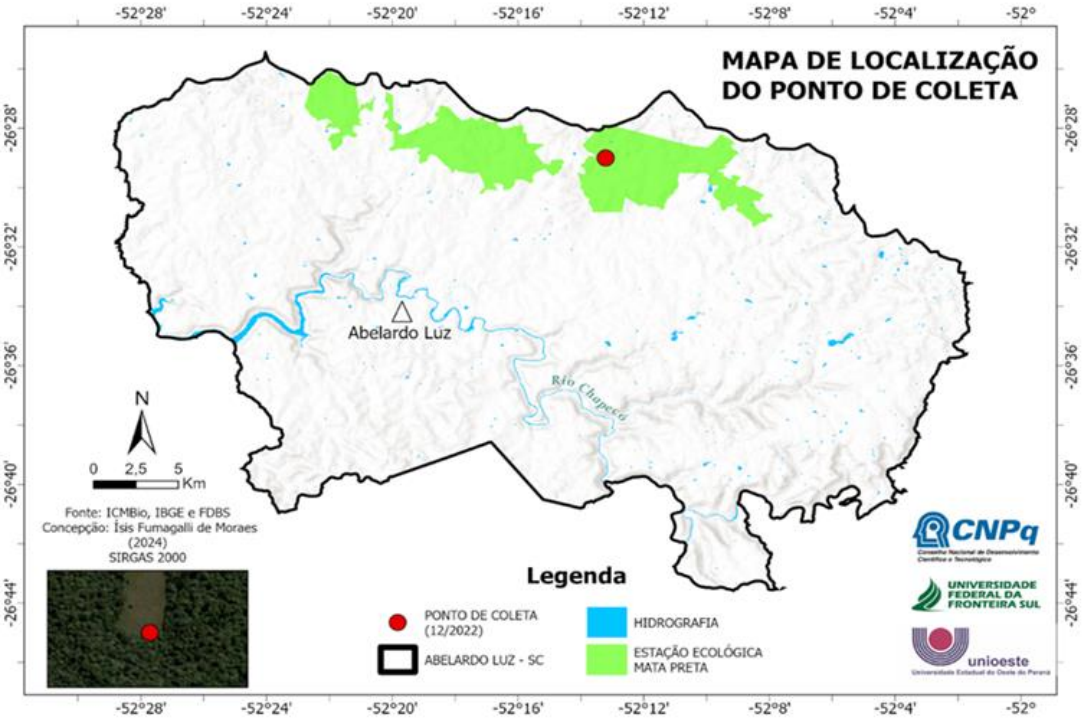
Como visto, ainda existem lacunas sobre o entendimento da dinâmica ambiental, especificamente da umidade, no interior do Planalto Subtropical com Araucárias durante o Quaternário Tardio, responsável pelo mosaico campo/floresta. Nesse sentido, esse trabalho analisa sedimento turfoso em área *core* da Floresta Ombrófila Mista – Estação Ecológica Mata Preta (ESEC-Mata Preta), situada no Planalto Subtropical com Araucárias, com objetivo de verificar, por meio da análise palinológica em sedimentos quaternários, o seu significado paleoambiental.

Em específico, este estudo permitirá ampliar os conhecimentos sobre: a) as respostas da paisagem às variações ambientais ocorridas no Planalto Subtropical com Araucárias, no Quaternário Tardio; b) a intensificação do sinal do mosaico campo/floresta no interior do Planalto Subtropical com Araucárias; c) os estudos de Palinologia do Quaternário no interior do Planalto Subtropical com Araucárias.

2 ÁREA DE ESTUDO

A Estação Ecológica da Mata Preta (ESEC-MP) (Figura 1) localiza-se no Planalto Subtropical com Araucárias (Ab'Saber, 1967; Paisani *et al.*, 2019b), oeste do estado de Santa Catarina, divisa com estado do Paraná. Do ponto de vista administrativo, situa-se no município de Abelardo Luz, com área total de 6.573,48 hectares (Apremavi, 2022).

Figura 1 – Distribuição das glebas da ESEC Mata Preta no estado de Santa Catarina e localização do ponto de coleta



Fonte: Isis Fumagalli de Moares, 2024

O oeste de Santa Catarina teve sua colonização iniciada nas primeiras décadas do século XX, com excedente de população de origem italiana e alemã, oriunda do Rio Grande do Sul. Isso, impulsionado pela apropriação do capital estrangeiro, com interesses na exploração madeireira (Brandt, 2015; PROESC, 2002). A ocupação nessa região, realizada de maneira não sustentável, trouxe muitos problemas, como desmatamento, erosão do solo, assoreamento dos cursos da água, descarte irregular de dejetos de suínos, utilização de agrotóxicos, entre outros. Tais problemas refletem hoje na qualidade das águas, na diminuição da fauna e flora local (PROESC, 2002).

Para preservar ou até mesmo reconstruir as áreas degradadas pela exploração humana, foram criadas Unidades de Conservação (UC), como a Estação Ecológica da Mata Preta (ESEC - Mata Preta). A ESEC-MP foi fundada em 19 de outubro de 2005, a partir de Decreto Federal, Processo n.º 02001.002211/2005-15 disposto no artigo 9º da Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000, e no Decreto n.º 4.340, de 22 de agosto de 2002 (Brasil, 2000). A ESEC-MP, UC da Mata Atlântica, representa um dos últimos remanescentes da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucárias) presente no estado de Santa Catarina, e tem como objetivo preservar os ecossistemas naturais presentes na FOM (Apremavi, 2009).

A ESEC-MP é formada por três glebas descontínuas, localizadas no município de Abelardo Luz, Santa Catarina, e zona de amortecimento alcançando pequena parcela do município de Clevelândia, Paraná. Os três fragmentos estão divididos por estradas municipais e estaduais. O testemunho estudado foi coletado em ponto situado na primeira gleba, com coordenadas 26º29’0.33’’S e 52º13’12.48’’O (Figura 1). Nesta gleba é observado população considerável de *Araucaria angustifolia* (Figura 2).

Figura 2 – Aspecto da vegetação na Estação Ecológica da Mata Preta

Fonte: Apremavi, mar. 2024

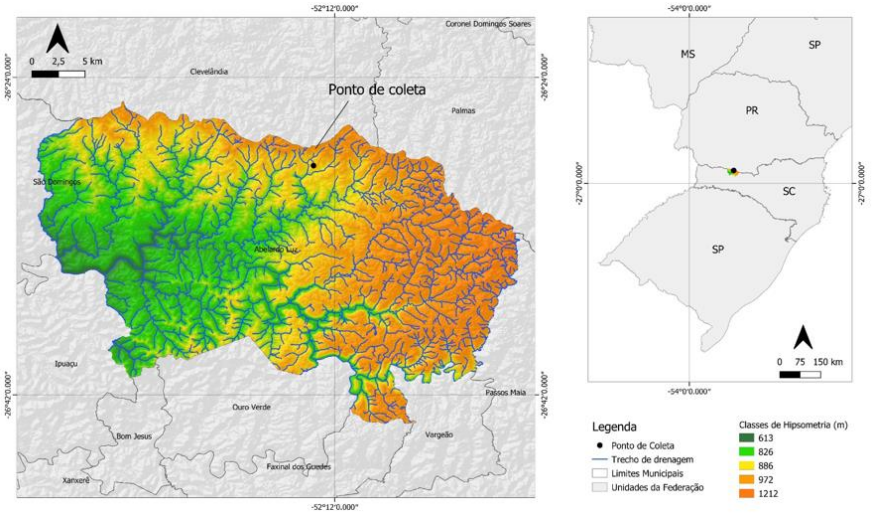
A ESEC-MP situa-se em área com domínio de rochas vulcânicas da Bacia Sedimentar do Paraná, mais especificamente do Grupo Serra Geral

(CPRM, 2014). Este Grupo, na área de estudo, é representado por duas formações: Chapecó e Paranapanema (CPRM, 2014). A Formação Chapecó corresponde a rochas ácidas, variando entre Riodacitos a Riolitos, com matriz vitrofírica contendo pórfiros de Feldspatos. Já a Formação Paranapanema constitui-se por Basaltos microgranulares de cor cinza, apresentando alterações nas faces de disjunção vermelho amarronzadas e horizontes vesiculares espessos. Estas vesículas podem se apresentar, total ou parcialmente, preenchidas tanto por Quartzo, incluindo a variedade Ametista, quanto por Zeólitas, Carbonatos, Celadonita, Cobre nativo e Barita (CPRM, 2014).

O setor do Planalto Subtropical com Araucárias em que se insere a área de estudo apresenta relevo em patamares desde a Serra da Fartura, divisor de águas regional entre as bacias dos rios Iguaçu, ao norte, até a calha do rio Uruguai, ao sul. Nesse sentido, a área de estudo corresponde a borda de patamar extenso, constituído por vários níveis intermediários de patamares dissecados (Paisani *et al*, 2014). Da Serra da Fartura (Rincão Torcido) até o fundo dos vales locais, o desnível é de cerca de 200 m, o que resulta em declividade relativamente acentuada (Figura 3). As formas de relevo nos níveis escalonados intermediários se apresentam levemente onduladas (Figura 4), resultado do dissecamento promovido pelos afluentes do rio Chapecó. As vertentes são extensas (Figura 4-B), com predomínio de formações superficiais latossólicas espessas (Pontelli *et al*, 2015).

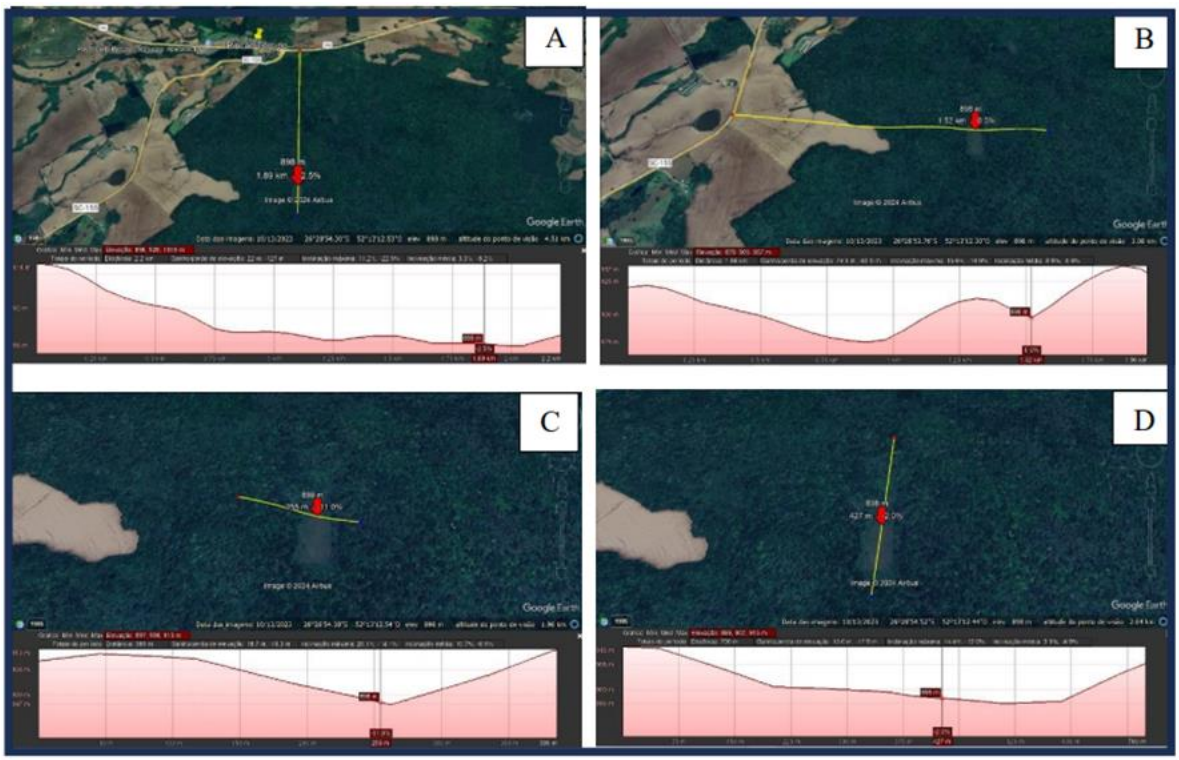
A ESEC-MP está localizada na Bacia Hidrográfica do Uruguai, na sub-bacia do rio Chapecó (Santa Catarina, 1986). O rio Chapecó tem uma extensão de 425 km, com altitudes variando de 1300 m a 240 m, se encontra totalmente em terras catarinenses, desde sua nascente até sua foz. A análise morfométrica indica que o perfil longitudinal do rio Chapecó se encontra em desajuste fluvial, indicando alterações no seu equilíbrio (Fujita *et al*, 2017).

Figura 3 – Classes hipsometrias e localização do ponto de coleta



Fonte: IBGE, 2022); Romão (2024); USGS EarthExplorer SRTM 1-ARCO (2024)

Figura 4 – Aspecto do relevo de patamar dissecado: desnível entre o topo da Serra da Fartura (Rincão Torcido) e o ponto de coleta (A); morfologia ondulada em patamar intermediário (B); visão E-W e N-S da turfeira onde foi realizada a coleta (C e D)



Fonte: Google Earth Pro, 2024

Desajustes fluviais e anomalias de segunda ordem podem ocorrer devido a: mudanças litológicas, controle estrutural ou encontro de canais

fluviais. Anomalias de primeira ordem encontradas estão relacionadas a forte controle estrutural (Fujita *et al*, 2017). Ocorrência de anomalias nas regiões de saltos e cachoeiras, junto às áreas de solos espessos, sinalizam processos relacionados à influência neotectônica (Fujita *et al*, 2017; Lima *et al*, 2023).

Braga e Ghellere (1999) dividiram o território catarinense em cinco tipos climáticos, resultando em dez subtipos. Essa classificação considerou as condições de relevo e a dinâmica atmosférica atuante no estado. Nesta classificação, a área da ESEC-MP enquadra-se como subtipo climático C3. Esse corresponde a clima mesotérmico brando, com temperaturas médias no mês mais frio ≥ 11,5 ºC <13 ºC, subdomínio climático super úmido, sem seca, tipo climático temperado.

Em consequência dos diversos sistemas atmosféricos atuantes no estado de Santa Catarina, o estado apresenta expressiva variabilidade climática. No verão, o calor intenso e índices altos de umidade, favorecem a formação de chuvas convectivas, sendo o verão caracterizado por grandes volumes de chuvas. Apesar disso, o oeste do estado apresenta índice alto de insolação, em que são observadas temperaturas máximas que ultrapassam os 30 ºC (Monteiro, 2001).

O outono no oeste catarinense é caracterizado pelo bloqueio atmosférico, que impede a passagem das frentes pelo estado, diminuição na quantidade de chuvas e menor insolação. Também é no período do outono que se observa a intensificação do ingresso de frentes frias (Monteiro, 2001). O inverno é influenciado, nos meses de junho, julho e agosto, por sucessivas massas de ar polar antárticas. No oeste, as chuvas são mais volumosas, em comparação com o resto do estado, devido a influência da “Baixa do Chaco”, condições de tempo formadas por intensas pancadas de chuva. Devido às baixas temperaturas, a ocorrência de geadas na região Oeste é favorecida (Monteiro, 2001).

A primavera apresenta maior instabilidade, ocasionada pelos Complexos Convectivos de Mesoescala, que favorecem a ocorrência de chuvas fortes com granizo, sendo mais comuns nos meses de setembro e outubro, e o aumento da nebulosidade reflete em menores horas de insolação. No final da primavera, há declínio na precipitação, ocorrendo maior insolação, o que resulta em pequenas estiagens (Monteiro, 2001). Contudo, essas

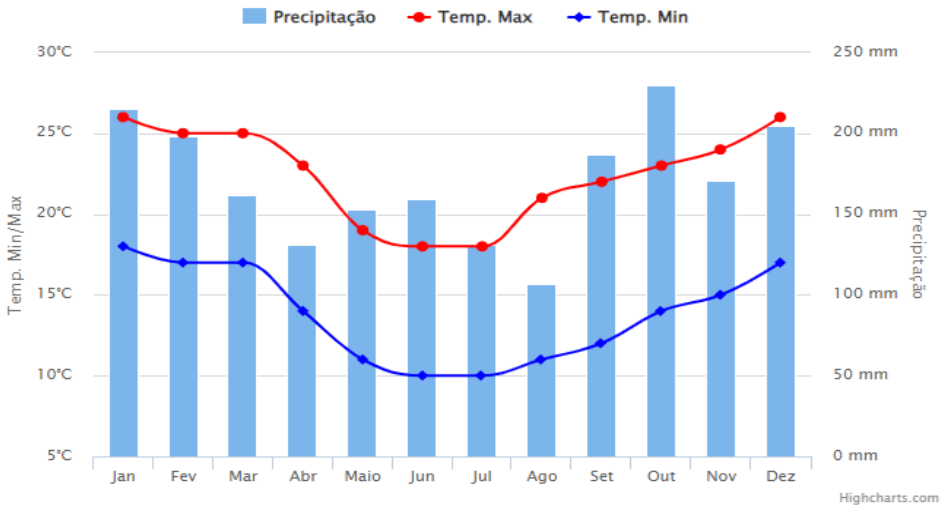
condições são observadas em situações de normalidade climática, já durante a atuação dos fenômenos El-Niño e La-Niña, os episódios de muita chuva ou até mesmo de estiagem podem ser intensificados (Monteiro, 2001).

Em razão da sua localização geográfica, o clima atual do estado de Santa Catarina é Subtropical Úmido, sendo controlado pelas Massas Tropical e Polar Atlânticas (Strahler, 1974; Monteiro, 2001). No Planalto do Oeste, pela classificação de Köeppen, o clima é classificado como Cfa e Cfb, sendo o tipo Cfa verificado apenas no vale do Rio Uruguai. Porém, a área de estudos - ponto de coleta - está localizada na transição entre essas duas classificações.

Considerando que a ESEC-MP está localizada no município de Abelardo Luz, Santa Catarina, optou-se por utilizar a classificação atribuída ao município, que se distingue como classificação climática Cfa, mesotérmico úmido com duas estações do ano bem definidas. Os verões são quentes e invernos frios, com temperatura média anual de 18 ºC (Figura 5). As chuvas são bem distribuídas, variando de 1.790 a 2.280 mm/ano (Braga; Ghellere, 1999), com menor índice pluviométrico registrado no mês de agosto (Figura 5).

O estudo que buscou detectar eventos de estiagem em escala de 30 anos (no período de 1960 a 1999) no município de Abelardo Luz (Buffon; Binda, 2012) demonstrou ocorrência de 44 eventos desse tipo na região. Ressalta-se que esses eventos não são uniformes, podendo variar de ano para ano. A maioria desses eventos ocorreram em períodos de La Niña e em períodos de normalidade de El Niño (ENOS). As estações do ano com maior frequência desses eventos foram outono e inverno, sendo no outono a ocorrência das estiagens com maior intensidade.

Figura 5 – Climograma das temperaturas médias mensais e precipitação em Abelardo Luz (SC) nos últimos 30 anos



Fonte: Climatempo, 2023

O estado de Santa Catarina insere-se no Bioma Mata Atlântica. Este já chegou a ocupar 85% do território nacional, ocupando hoje apenas 24% (SOS Mata Atlântica, 2022). Em Santa Catarina este Bioma ocupa apenas 1,12% (Apremavi, 2009). O Bioma Mata Atlântica tem como característica apresentar conjunto de ecossistemas que se ligam: formações florestais, manguezais, campos, campos de altitude e restinga.

Na região de Abelardo Luz, a formação florestal encontrada é a Floresta Ombrófila Mista, ou Floresta com Araucárias, devido presença predominante da *Araucaria angustifolia,* o Pinheiro Brasileiro ou Pinheiro-do-Paraná, que pode viver por até 700 anos e medir até 50 metros de altura. Com toda sua imponência, a *Araucária angustifolia* se destaca ao fazer sobressair sua copa pelo dossel da floresta (Apremavi, 2009).

A madeira do Pinheiro Brasileiro foi intensamente explorada no início do século XX, tornando a *Araucaria angustifolia* uma das árvores ameaçadas de extinção no Brasil. A floresta ainda sofre com a exploração ilegal da madeira e pelo desmatamento para tornar as áreas desflorestadas em área agrícola (Apremavi, 2009).

O sub-bosque da FOM é composto por variada e complexa flora, com plantas que também estão ameaçadas de extinção e ou são endêmicas, como a *Ilex paraguariensis* (Erva-mate), *Dicksonia sellowiana* (Xaxim), *Ocotea odorifera* (Canela Sassafrás), *Ocotea porosa* (Imbuia), *Sloanea lasiocoma*

(Sapopema), entre outras. Com a redução da floresta, a fauna também sofre ao perder seu habitat, criando uma extensa lista de animais ameaçados de extinção, como: *Panthera onca* (Onça Pintada), *Tapirus terrestris* (Anta), *Chrysocyon brachyurus* (Lobo Guará), *Cyanocorax caeruleus* (Gralha Azul), entre outros.

As formações vegetais que são encontradas na área ocupada pela ESEC Mata Preta são a Floresta Ombrófila Mista e Campos, que estão dentro do Bioma Mata Atlântica. A Floresta Ombrófila Mista se caracteriza pela presença da *Araucaria angustifolia* (araucária), presente em maior número, *Ocotea porosa* (imbuias), *Sloanea lasiocoma* (sapopema), *Ilex paraguariensis* (erva-mate), *Nectandra lanceolata* (canela-amarela), *Nectandra megapotamica* (canela-preta), *Ocotea odorifera* (canela-sassafrás), *Persea major* (pau-andrade), *Prunus sellowii* (pessegueiro-bravo), *Dicksonia sellowiana* (xaxim-bugio ou samambaiaçu-imperial). Os campos são compostos por agrupamentos herbáceos formados por gramíneas, ciperáceas, compostas, leguminosas e verbenáceas (Klein, 1978).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O Período Quaternário

O Quaternário é o último período na escala do tempo geológico, datado em 2,58 milhões de anos (Gibbard *et al*, 2010), sendo o tempo recente da Terra, ou seja, o espaço temporal em que vivemos. A nomenclatura Quaternário foi incorporada por Desnoyers (1829), retratando os depósitos marinhos que se encontram acima dos sedimentos Terciários da Bacia de Paris. O período Quaternário se encontra dentro da Era Cenozóica, e está dividido em Pleistoceno e Holoceno. Durante esse período ocorreram diversos eventos climáticos que o caracterizam (Suguio, 2005; Salgado-Labouriau, 2007).

Segundo Suguio (2005), o Pleistoceno tem uma duração 180 vezes maior que a do Holoceno. Pleistoceno tem como característica uma fase fria e longa que é sucedida por uma mais quente e curta (Salgado-Labouriau, 2007; Suguio, 2010). Situado nos últimos 11,7 mil anos da Terra, o Holoceno é a época mais recente dentro do Quaternário. Apesar de representar um curto intervalo de tempo, o Holoceno é muito importante, pois é nele que se encontra toda a história da humanidade (Salgado-Labouriau, 2007; Suguio, 2010; IUGS, 2024) e para além disso, é caracterizado por apresentar o maior número de informações paleoambientais.

Para melhor entender as alternâncias climáticas do Quaternário, se faz necessário conhecer conceitualmente três grandes grupos de eventos climáticos definidos por Perez Filho e Rubira (2021), que chegaram nessas definições a partir de estudos bibliográficos. Com isso, esses grupos foram baseados no tempo e ciclo dos fenômenos atmosféricos, são eles: mudanças climáticas, oscilações climáticas e pulsações climáticas. Segundo os autores, mudanças climáticas se referem a eventos complexos de dimensão global de longa duração. Oscilações climáticas são eventos de média duração, mudanças bruscas de temperatura, associado aos ocorridos no Pleistoceno. Pulsações climáticas são eventos efêmeros recentes, ocorridos no Pleistoceno Superior e Holoceno.

No Quaternário, em que os continentes já ocupavam a posição moderna, ocorrem as mudanças ambientais globais associadas ao avanço e recuo das calotas polares, as mudanças na composição química da atmosfera e circulação

de massas de ar e variações nas zonas climáticas, já se encontravam os conteúdos faunísticos e florísticos semelhantes ou iguais com os viventes atuais e o surgimento do gênero *Homo* (Salgado-Labouriau, 2007; Suguio, 2010). Nesse período houve o aparecimento e extinção da maioria dos animais que compunham a chamada megafauna do Pleistoceno, que foram extintos há cerca de 10 mil anos (Nascimento, 2020), sendo sua principal causa de extinção as mudanças climáticas que marcaram o Quaternário.

Dito isso, em todo o Quaternário ocorreram alternâncias climáticas devido aos períodos glaciais e interglaciais, segundo Salgado-Labouriau (1994) “o Quaternário foi um período de grandes pulsações climáticas”, intercalando momentos de baixa temperatura com outros de temperaturas semelhantes com a atual. As mudanças climáticas ocorridas no Quaternário interferiram no desenvolvimento dos ecossistemas, sobretudo nas formações vegetais, e apesar de não terem sido encontrados vestígios de extinções em massa durante esse período, assim como as observadas nos períodos geológicos anteriores, as alterações ocorridas nesse curto intervalo de tempo moldaram a biodiversidade da Terra (Suguio, 2003; Salgado-Labouriau, 2007).

É possível observar as transformações ocorridas durante o Quaternário por meio dos contornos de relevo encontrados atualmente: Os ciclos oceânicos de regressão e transgressão (glacial e interglacial), as mudanças nos processos pedológicos. A intensificação dos processos erosivos foi responsável por desenhar a paisagem do Quaternário. Juntando a isso, temos as ações mais recentes moldando a paisagem, a ação antrópica (Salgado-Labouriau, 1994; Salgado-Labouriau, 2007; Suguio, 2010).

Por ser o período mais recente, ainda se encontram registrados nos sedimentos as mudanças naturais que ocorreram durante esse curto espaço de tempo do nosso planeta, mesmo com a intensa atividade antrópica. Apesar disso, há uma grande possibilidade nos estudos do Quaternário para compreender as mudanças paleoclimáticas desse período, pois os “depósitos sedimentares do Quaternário distribuem-se amplamente sobre os continentes e fundos oceânicos” (Suguio, 2003).

Há várias maneiras de se estudar o Quaternário, a partir da utilização de materiais inconsolidados, sedimentos, estratigráficos, feições geomorfológicas, por meio de *proxies* naturais, como os microfósseis, reconhecidos como

palinomorfos, foraminíferos e fitólitos, isótopos de carbono e oxigênio, e com fósseis da megafauna e corais, por exemplo (Suguio, 2003). Todas as chaves interpretativas auxiliam na interpretação dos ambientes do passado, objetivo de diversos estudos de reconstituição paleoambiental. Dito isso, para responder à questão proposta neste trabalho, será utilizado a análise de palinomorfos, tais microfósseis fornecem importantes informações acerca da paleovegetação do Quaternário Tardio.

3.2 Palinologia em Estudos Ambientais

A Palinologia é o estudo dos grãos de pólen e esporos, que é o material produzido por plantas superiores e esporos de criptógamas, encontrados em sedimentos terrestres, aquáticos e suspensos no ar (Salgado-Labouriau, 1994; Salgado-Labouriau, 2007; Punt *et al*, 2007), que são resistentes ao tratamento com ácidos. Por meio da Palinologia é possível caracterizar como era o ambiente e o clima em tempos pretéritos, e assim realizar uma reconstrução Paleoambiental e Paleoclimática. A vegetação do passado deixou registros fósseis onde é possível reconstruí-la, pois ela responde às mudanças do ambiente (Salgado-Labouriau, 2007). Se preservados adequadamente, os palinomorfos refletem a vegetação existente ao seu entorno e a partir disso é possível identificar as mudanças ambientais e climáticas, pois as comunidades vegetacionais vão responder a essas mudanças, e a resposta será a modificação na composição dessa comunidade (Bauermann *et al*, 2002).

Essa reconstrução ocorre pela identificação dos palinomorfos fossilizados, e isso é possível pois eles possuem formas, texturas e tamanhos específicos, que são representados pela exina — membrana externa (Figura 3). A depender da planta, há uma grande quantidade de produção dos grãos de pólen e esporos, essa produção se dá também devido a forma de dispersão destes palinomorfos, podendo eles serem transportados através do vento, da água ou bioticamente. A identificação ocorre pois a assembleia vegetacional do Quaternário não teve muitas modificações desde o seu surgimento, portanto, os palinomorfos encontrados no pretérito são, quase em sua totalidade, os mesmos encontrados no presente (Salgado-Labouriau, 2007).

3.2.1 GRÃOS DE PÓLEN E ESPOROS

Grãos de pólen e esporos são partes reprodutivas das plantas, e por isso são produzidos em grande quantidade por elas. O transporte do grão de pólen da antera para o estigma ou micrópila da flor chama-se polinização e ela pode ocorrer basicamente de três maneiras. Pelo transporte biótico, em que o vetor é um animal, podendo ser um inseto, uma ave, morcego, entre outros. Pelo transporte aquático, podendo ser pelos rios ou até mesmo pela chuva. Por fim, pelo transporte eólico, em que o pólen é levado a grandes distâncias pelo vento (Salgado-Labouriau 2007).

Segundo Salgado-Labouriau (2007), as plantas cujo transporte e dispersão ocorrem através do vento, tendem a produzir maior quantidade de pólen, de milhares até milhões de unidades. Já as que sua dispersão é biótica, o pólen tende a ficar grudado nas anteras até um animal pousar ou cheirar a flor. Deste modo, o grão de pólen se fixa no animal, de modo que o ato de ir para a planta seguinte se configura como transporte.

Já nas plantas em que seu transporte ocorre pela água dos rios, o número de grãos de pólens ou esporos é em menor quantidade, quando comparado com os dois modos anteriores. O transporte pode ocorrer de várias maneiras no leito do rio, por exemplo: uma flor se desprende e flutua dentro do rio em direção a outra flor da mesma espécie. Em outras plantas o grão de pólen é filamentoso, e esse filamento flutua até encontrar o estigma de outra flor da espécie e assim se fixar. Se o transporte ocorrer pela chuva, o grão de pólen pode ser levado pela precipitação por meio do escoamento superficial (Salgado-Labouriau, 2007).

Ainda é importante considerar que a polinização das plantas depende de espécie para espécie, assim como da quantidade de grão de pólen ou esporo produzidos por elas. Apesar disso, as plantas produzem grande quantidade de grãos de pólen ou esporos, porém, essa produção não é constante durante o ano, existem fatores ambientais que podem interferir nessa produção, como estiagens, quantidade de chuvas, interferência na floração, entre outros (Salgado-Labouriau, 2007).

Apesar de serem microscópicos, os palinomorfos são tão resistentes, que conseguem ficar preservados no registro sedimentar, ou em qualquer ambiente que os preserve, por milhões de anos (Salgado-Labouriau, 1994),

sendo caracterizados como microfósseis. Devido a isso, são fontes de informação fundamentais para a reconstrução paleoecológica.

Grãos de pólen e esporos são compostos por duas camadas principais, a exina, parede externa, e a intina, parede mais interna (Figura 4). É por meio da exina que se caracteriza o tipo de palinomorfo, ou seja, para cada palinomorfo a exina possui uma ornamentação, forma, tamanho e espessura. É dessa maneira que se sabe de que planta é proveniente determinado grão de pólen ou esporo,. A exina é formada pela esporopolenina, uma mistura de grupos químicos, sendo assim muito resistente. A intina, parte facilmente destrutível, é celulósicamente composta, como a parede celular dos vegetais (Bauermann *et al*, 2002; Salgado-Labouriau, 2007).

Algumas famílias, como a Poaceae, podem possuir o mesmo tipo de grão de pólen, circular com um poro, e a diferença entre um grão de pólen desse tipo para outro da mesma família é o tamanho. Neste sentido, é realizada a medição para o detalhamento do palinomorfo e assim precisar hierarquicamente o pertencimento do indivíduo (Salgado-Labouriau, 2007).

A resistência do grão de pólen e dos esporos se dá devido a exina, é esta parte do grão de pólen que se fossiliza. Devido a sua composição química, a exina é resistente à degradação, sendo ela biológica ou química. A destruição dos palinomorfos ocorre se estiverem expostos a ambiente oxidante ou em temperaturas muito elevadas, a partir de 300 ºC. Porém, alguns esporomorfos são mais propícios a sua degradação, mesmo estando em ambiente redutor, pois a exina desses esporomorfos é mais fina e delicada que pode se corromper durante o processamento químico, um exemplo são os grãos de Araucaria angustifolia (Bauermann *et al*, 2002; Salgado-Labouriau, 2007).

Figura 6 – Estrutura do grão de pólen

Fonte: https://plantaeagro.pt, 2024

3.2.2 AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO DE PALINOMORFOS

Ainda que palinomorfos sejam materiais resistentes que conseguem ficar preservados em material sedimentar (Salgado-Labouriau, 2007), como visto anteriormente, existem lugares que são propícios para sua preservação, como lagos e turfeiras. Porém, alguns estudos já vêm sendo realizados em outros locais, como em encostas, terraços e planícies aluviais (Lima, 2010).

Por meio do transporte dos grãos de pólen e esporos, eles acabam sendo depositados no sedimento quando é cessado o seu deslocamento. Esse tipo de ação é contínua, em que cada partícula que vai chegando se acumula sobre a anterior. Se essa deposição ocorre em ambiente redutor, e não ocorre nenhuma modificação nesse local (decomposição aeróbica ou erosão), é preservado a exina por milhares de anos. Com isso, qualquer assembleia de palinomorfos encontrados na coluna estratigráfica, representa o ecossistema daquele local em determinado período do tempo. Portanto, qualquer mudança climática pode acarretar mudança na vegetação, que poderá ficar registrado no sedimento em forma de microfósseis de palinomorfos (Bauermann *et al*, 2002; Salgado-Labouriau,2007).

Por esta razão, a pesquisa em questão foi realizada em sedimentos de turfeira, ou seja, situados em ambiente redutor, localizada na ESEC-MP, município de Abelardo Luz, Santa Catarina, Brasil. Uma turfeira consiste em

material sedimentar orgânico residual, de cor escura, formada pela decomposição das plantas em áreas alagadiças e ou pantanosas. Nas turfeiras, o material orgânico fica acumulado debaixo da vegetação encharcada, que forma material esponjoso originado pelos restos vegetais em decomposição. A preservação dos grãos de pólen e esporos só ocorre se o solo desse local se mantém úmido durante o ano todo (Suguio, 1998; Bauermann *et al*, 2002; Salgado-Labouriau, 2007).

Uma turfeira se desenvolve a partir do preenchimento de uma depressão com restos vegetacionais, conforme vão se depositando, bactérias e fungos aeróbicos vão degradando a matéria orgânica, assim ocorre a diminuição do oxigênio nesse meio, diminuindo a oxidação observa-se a formação de água no ambiente. Com a decomposição anaeróbica das turfeiras, consumo de oxigênio por fungos e bactérias, cria-se o ambiente redutor onde palinomorfos são melhor preservados. Outro fator que corrobora para a preservação em turfeiras é que esse é um ambiente de baixa energia, onde se depositam materiais sedimentares finos, limitando o acesso do oxigênio e tornando o ambiente impermeável (Bauermann *et al*, 2002; Salgado-Labouriau, 2007).

No Brasil, Franchi *et al* (2006), classificaram as turfeiras em duas categorias, aquelas constituídas por gramíneas, ciperáceas e outras plantas de pântanos e aquelas formadas por algas ou sapropelitos, de aparência lamosa e desprovida de restos de plantas superiores. Existem outras classificações para as turfeiras que seguem diferentes critérios. No entanto, as mais interessantes para o Brasil são as ombrotróficas e minerotróficas (Franchi *et al*, 2006). Turfeiras ombrotróficas são aquelas alimentadas unicamente pela água da precipitação, enquanto as minerotróficas são aquelas que apresentam influência das águas superficiais e subterrâneas. A turfeira analisada nesta pesquisa é caracterizada como minerotrófica.

Segundo Bauermann *et al* (2002), as turfeiras podem ser classificadas em três regiões: zona compactada, zona moderadamente compactada e zona não compactada. Zona compactada se refere a camada inferior da turfeira, que é permanentemente anaeróbica e possui taxa de apodrecimento muito baixa. Em cima dessa, se encontra a zona moderadamente compactada, em que a taxa de decomposição é baixa e ocasionalmente aeróbica. A zona não compactada é a

parte superficial, onde se tem contato direto com o oxigênio, causando a degradação dos palinomorfos.

Por se constituir em ambiente redutor, a turfeira é um dos melhores locais para a realização de análise palinológica. Essa é uma das formas mais eficientes de se conhecer como era o clima do passado, pois como mencionado anteriormente, a distribuição da vegetação é determinada pelo clima e os grãos de pólen e esporos estarão depositados de maneira estratigráfica. Portanto, se o clima mudar, a vegetação irá se adaptar a esta mudança, e isto estará representado no conteúdo sedimentar (Salgado-Labouriau, 1994; Bradley, 1999; Bauermann *et al*, 2002; Salgado-Labouriau, 2007).

3.3 Reconstrução Paleoambiental do Período Quaternário

A reconstrução paleoambiental do Quaternário pode ajudar na compreensão das mudanças ambientais do presente e do futuro, pois entender como ocorrem as mudanças ambientais pretéritas por meio do conhecimento adquirido sobre o Quaternário auxilia na compreensão da dinâmica natural do nosso Planeta. Para isso, é necessário dispor de dados globais, regionais e locais, perpassando as condições climáticas atuais (Suguio, 2005; Suguio, 2010). Contudo os estudos Paleoambientais referentes ao período Quaternário no Brasil são muito recentes, para Suguio (2005) existem três fases históricas sobre esses estudos. A primeira fase vai até as primeiras décadas do século XX, sendo pouco numerosos esses estudos, eram em sua maioria realizados por estrangeiros, pois cursos superiores eram mais limitados no Brasil, principalmente os relacionados às Geociências.

A segunda fase está relacionada às primeiras décadas do século XX até 1970, nessa fase alguns cientistas brasileiros se juntam aos estrangeiros, porém o termo Quaternário não era muito usado. Contudo, esses estudos eram em sua maioria de origem paleontológica, geomorfológica ou pré-histórica, os estudos geomorfológicos foram realizados sobretudo por pesquisadores da Geografia Física, como Aziz N. Ab'Saber.

A terceira fase, e última, inicia-se em 1971 até os dias atuais, nesse momento foi realizado o Primeiro Simpósio do Quaternário do Brasil. Também

ocorreu a criação da ABEQUA (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário) e o Brasil tornou-se filiado à INQUA (*International Union for Quaternary Research*). Vários eventos relacionados ao Quaternário foram realizados em São Paulo (SP) e o Brasil participou de muitos outros internacionais.

3.4 Reconstruções Paleoambientais no Planalto Subtropical com Araucárias

3.4.1 A PARTIR DE REGISTROS *MULTI PROXIES*

Estudos de caráter paleoambiental no interior do Planalto Subtropical com Araucárias, mais especificamente ao longo da Serra da Fartura, com concentração nas Superfícies de Cimeira de Palmas (PR)/Caçador (SC), iniciaram no ano de 2008 (Paisani *et al*., 2008), se intensificando a partir de 2010 (Paisani; Pontelli; Calegari, 2012; Paisani *et al*., 2013; 2014; Lopes Paisani *et al*., 2016; Paisani *et al*., 2017). Os resultados destas pesquisas, obtidos a partir de análises *multi proxies* (lito-,pedo-,alo e cronoestratigrafia; análise isotópica carbono estável; índices fitolíticos e datação por radiocarbono e LOE), permitiram a interpretação do quadro evolutivo paleoambiental dos últimos 45 mil anos da região.

Durante o Pleistoceno Superior (>45 mil anos AP a 28 mil anos AP – MIS 3) nas áreas da superfície de cimeira de Palmas/Caçador, dados *multi proxies* sugerem a vigência de período frio e úmido, com predomínio de pedogênese progressiva, o que indica estabilidade da paisagem. Entre 28 mil anos AP à 24 mil anos AP, transição do MIS 3 para MIS 2, o ambiente teria apresentado clima mais seco, indicado por pedogênese regressiva e predomínio de erosão por fluxos superficiais (Paisani *et al*., 2019a).

Tal clima com características de seco teria perdurado até por volta de 3 mil anos AP, porém apresentando flutuações para ambiente mais úmido em escala milenar, dos 20 mil anos AP até por volta 5 mil anos AP. Dessas condições teriam havido mudança significativa na paisagem, com substituição da vegetação de Campos Sujos para Campos Limpos, além de erosões por fluxos superficiais darem lugar para fluxos de terra e de detritos nas encostas. Isso

resultou na formação de depósitos coluviais e aluviais que, gradualmente, entulharam e soterraram ravinas (Paisani *et al*., 2019a).

De cerca de 3 mil anos AP até o presente, verifica-se, nessa superfície de cimeira Palmas/Caçador, a retomada da pedogênese progressiva em condições ambientais mais úmidas, porém ainda frias. Essas condições favoreceram a expansão da floresta nos flancos dos fundos de vales até quarta ordem de grandeza e manutenção dos Campos Limpos nas encostas (Paisani *et al*., 2019a).

Uma mudança de vegetação de campo para floresta a partir do Holoceno Médio, associada a condições ambientais de clima menos úmido do que o atual no Holoceno Médio, gradando para condições mais úmidas no Holoceno Superior, também foram verificadas por Calegari (2008), Bertoldo, Paisani e Oliveira (2014), e Cechet (2015) no Planalto Subtropical com Araucárias.

O estudo utilizando análise fitolítica e isótopos de carbono da matéria orgânica do solo (MOS) em Cambissolo Húmico na ESEC-MP (Felipe *et al*., 2015), demonstra que nessa área, desde o Holoceno Médio, por volta 6 mil anos AP, ocorreu uma mudança na vegetação. Os dados indicam expansão da floresta sobre os campos, que se mantém até os dias atuais, sugerindo mudança de condições ambientais mais seca para mais úmida, com temperaturas próximas às atuais.

3.4.2 A PARTIR DE REGISTROS PALINOLÓGICOS

Os estudos palinológicos podem fornecer informações sobre as mudanças climáticas do Quaternário e os efeitos sobre a distribuição da vegetação nos continentes. Os estudos paleoambientais a partir da Palinologia do Quaternário no Planalto Subtropical com Araucárias estão concentrados, principalmente, na borda desse planalto, além da planície costeira. No Planalto Subtropical com Araucárias, tais investigações vêm sendo realizadas desde a década de 1990 (Roth; Lorscheitter, 1991; Behling, 1995), e permitem contar a história da vegetação no período de 90 mil anos AP (Oliveira *et al*, 2008).

A partir desses estudos, em turfeira sedimentar em Cambará do Sul, Behling *et al*. (2003) identificaram presença de lago de 42.840 anos AP até 26.900 anos AP, sugerindo clima mais úmido neste período. Após 26.900 anos

AP, o lago tornou-se sazonalmente seco. Os autores identificaram vegetação de campo predominando na paisagem até 10.120 anos AP, com domínio de Poaceae, Asteraceae e Apiaceae, o que indica clima regionalmente seco e frio. Um clima sazonal é evidenciado a partir de 26.900 anos AP, com períodos secos anuais, até o final do Holoceno.

Na Floresta Nacional de Chapecó (FLONA de Chapecó), por volta de 22 milanos AP, Eidt (2019) identificou predominância de vegetação campestre com ocorrência de áreas florestadas durante o Pleistoceno, indicando presença de clima frio e úmido. Mais a leste do Planalto, na Serra do Espigão, Lima e colaboradores (2016) observaram que por volta de 21.150 anos AP também houve predominância de vegetação campestre, mas com presença de áreas alagadas, indicando clima frio e úmido. Porém, por volta de 19 mil anos AP, ocorre diminuição da temperatura e aumento da umidade, fazendo com que na área da FLONA de Chapecó ocorresse recuo das áreas florestadas. Percebe-se, portanto, que as características do clima pleistocênico no Planalto Subtropical com Araucárias eram de clima frio e úmido.

O trabalho desenvolvido por Bertoldo *et al*. (2014) na Serra da Fartura (Pato Branco/PR) traz mais elementos para a compreensão paleoclimática do interior do Planalto Subtropical com Araucárias. Nesse estudo palinológico, os sedimentos analisados abrangem os últimos 18 mil anos AP, sugerindo a permanência de condições ambientais úmidas, favoráveis à existência da Floresta Ombrófila Mista, desde 13 mil anos AP.

Por volta de 15.910±80 anos AP e ~13.725, a paisagem na região de Caçador (SC) foi dominada por campos em condições de clima frio e úmido, podendo ser observado lâmina d'água local, devido à presença de *Isoetes* e alga *Zygnema*. A floresta nesse momento estava confinada em pequenas áreas ou vales profundos (Graeff, 2023). Na área da FLONA de Chapecó (Eidt, 2019), foi possível observar aumento da temperatura, embora não muito significativa, em torno de 14.100 anos AP, predominando clima frio e úmido. Isso teria favorecido o aumento da biodiversidade e a expansão da Floresta com Araucária. Segundo Graeff (2023), entre 13.725 anos AP e 10.965±30 anos AP, na região de Caçador (SC), o clima era frio, porém com menos umidade. Essa condição é evidenciada devido a redução do Campo Úmido e breve aumento do Campo Seco e da Floresta. A expansão dessa última também teria ocorrido devido a um pequeno

aumento na temperatura. Há cerca de 12.840 anos AP, na Serra do Espigão (Lima *et al*., 2016), ainda registra-se a predominância de clima frio, porém com aumento de espécies da Floresta Ombrófila Mista.

Porém, entre 10.965±30 anos AP e ~9.419 anos AP, sob condições frias, observa-se um pequeno aumento da umidade, na região de Caçador (SC), entretanto ocorreu uma diminuição da Floresta Ombrófila Mista. Porém, áreas campestres vão mudando de Campo Sujo para Campo Limpo, observado pelo aumento da família Poaceae no estrato. Já durante o Holoceno Inferior e Médio (~9.419 e ~7.421 anos AP), ocorreu o aumento da umidade na região. Essa condição é observada pelo crescimento de táxons de Campo Úmido, relacionado com algas e briófitas, juntamente com a diminuição da floresta. Porém as condições de umidade seriam variáveis, podendo ocorrer períodos mais secos do ambiente (Graeff, 2023).

O aumento de umidade no Planalto Subtropical com Araucárias, durante 9.542 a 9.238 anos AP, também é observado por Gadens-Marcon *et al* (2014) em uma lagoa situada no Alto Uruguai, Ametista do Sul (RS). Os autores interpretam aumento na precipitação durante esse momento, com periodicidade das chuvas ainda frequente durante 8.935 a 7.113 anos AP (Gadens-Marcon *et al*, 2014).

No início do Holoceno o lago de Cambará do Sul, tornou-se uma turfeira, devido ao acúmulo de material orgânico, a vegetação de Campos ainda era predominante na paisagem, e a diminuição de Asteraceae, Apiaceae, *Eriocaulon/Paepalanthus* e *Plantago australis* aponta mudança na composição de plantas de campos nesse período. Ocorreu um aumento nos táxons da floresta com araucária, indicando que as populações florestais migraram para as regiões mais altas através de pequenos riachos (Behling *et al*., 2003).

Durante o Holoceno Inferior (10.300 a 8.300 anos AP), na Lagoa Dourada, no Parque Estadual de Vila Velha (PR), Piraquive-Bermúdez *et al*. (2024) identificam domínio de vegetação de campos com rara ocorrência de táxons arbóreos, porém com vegetação diversificada durante esse período. Baixa taxa de táxons de Floresta de Araucária e indicadores de umidade, como *Dicksonia sellowiana* e *Cyathea*, indicam um ambiente mais seco em relação ao ambiente atual. Porém, há indicação de ocorrência de *Araucaria angustifolia* na região, devido à presença esporádica desses táxons no material. Dados de sedimento

na Lagoa Dourada indicam a presença de material fino, evidenciando erosão pela ausência de formações florestais.

No Holoceno Médio (8.300 anos AP), ocorreu uma mudança da composição vegetacional na Lagoa Dourada (Piraquive-Bermúdez *et al*.,2024), indicando aumento de táxons arbóreos, juntamente com transição na composição do sedimento, onde aparece camada de areia. Durante esse período, os autores sugerem que o lago ficou mais profundo, indicando período mais úmido e consequentemente cobertura vegetal mais densa. Por volta de 7.300 anos AP, observa-se crescimento populacional de *Araucaria angustifolia*, devido à mudança na composição de sedimentos, levando a uma expansão da floresta e diminuição dos campos.

Durante o Holoceno Médio e Superior, na Coxilha Rica, Lages, Capão Alto (SC), Perin *et al* (2021) identificaram predominância de vegetação campestre, com clima frio e úmido, indicando ambiente de campos sujos por volta de 7.845 anos AP. Na região de São Francisco de Paula, Behling *et al*.(2001) constataram clima seco durante 7.500 anos AP e 4 mil anos AP. Durante o Holoceno Médio, por volta de 7 mil anos AP, Eidt (2019) observou expansão das áreas florestadas, indicando aumento de temperatura e umidade. Porém, sucessivo aquecimento e condições de umidade, entre o final do Holoceno Médio e início do Holoceno Superior (~7.421 anos AP e 4.625 ± 15 anos AP) no Planalto Subtropical com Araucárias, favoreceram uma pequena expansão da floresta, chegando a atingir maior valor durante o Holoceno Superior, quando a umidade reduziu (Graeff, 2023). No intervalo de 6.810 a 6.203 anos AP, a umidade ainda se faz presente, isso é observado em Ametista do Sul (RS) devido ao aumento da alga Pseudoschizaea, que também pode indicar secagem sazonal, pois esse tipo de alga é encontrada atualmente em condições mais quentes e úmidas, sugerindo oscilação entre períodos de baixa e alta umidade (Gadens-Marcon *et al*, 2014).

Entre 5.899 anos AP, ocorre diminuição da umidade possivelmente regulada por variações marcantes nos padrões de precipitação, porém em torno de 5.467 anos AP, a umidade volta a se elevar, corroborada pelo aumento de esporos e algas no sedimento de lagoa em Ametista do Sul (RS). Porém, no mesmo local, durante o intervalo de 5.142 anos AP até o presente, houve uma migração de um período de baixa umidade para um de umidade alta,

evidenciando mudança nos padrões de precipitação (Gadens-Marcon *et al*, 2014).

Durante o início do Holoceno tardio (4.320 - 1.100 anos AP), ocorreu a expansão da Floresta de Araucária na região de Cambará do Sul, em forma de floresta de galerias ao longo de riachos, mas ainda com o domínio da vegetação de campos na região. Porém, entre 4.098 e 3.908 anos AP, houve diminuição da umidade, na Coxilha Rica (Perin *et al*, 2021), mantendo os campos sujos. Durante o Holoceno Superior, após 3.700 anos AP, ocorreu o aumento de temperatura e se preserva ambiente úmido. Em São Francisco de Paula, Behling *et al*. (2001) evidenciam o início da expansão da Floresta com Araucária. De 3.300 até 2.800 anos AP, a Floresta com Araucária teve crescimento contínuo, porém os Campos não tiveram mudanças significativas (Gadens-Marcon *et al*, 2014). Coincidentemente, com a mudança da vegetação, tem-se a chegada dos indígenas no Sul do Brasil. É possível que além das mudanças climáticas, o humano tenha ajudado na expansão da floresta devido a dispersão das sementes e criação de pastagem por meio de queimadas (Gadens-Marcon *et al*, 2014).

Segundo Graeff (2023), na região da borda do Planalto Subtropical com Araucárias, por volta de 3 mil anos AP, ocorreu a expansão da Floresta com Araucária, por efeito de condições mais úmidas. Na Serra do Espigão, por volta de 2.230 anos AP, Lima *et al* (2016) observaram que ocorreu aumento de temperatura e da umidade. Contudo, observa-se pouca ocorrência de áreas florestadas, sendo sempre predominante os Campos, apresentando paisagem de mosaico Campos com Floresta com Araucária a partir de 2.685 ± 15 anos AP (Graeff, 2023).

O fim do Holoceno Médio (2.685±15) até o presente é caracterizado por pequena diminuição das Florestas com Araucárias e dos Campos Úmidos, e aumento dos Campos Secos. Essa mudança na paisagem pode ser relacionada com a ação antrópica na região (Graeff, 2023). Segundo Jeske-Pieruschka *et al* (2010), entre 1360 a 1410 d.C., na região de São José dos Ausentes, predominava a vegetação de Campos, com altos índices da família Poaceae. A Floresta com Araucária era muito pequena ou ausente nesse momento, já a concentração de carvão indica a ocorrência de fogo no local, sendo ele não natural, o que pode corroborar para baixa quantidade de floresta. Porém, entre

1410 a 1500 d.C. ocorreu pequena expansão da Floresta com Araucária na região, que está associada ao ambiente úmido do final do Holoceno e da diminuição de incêndios.

Ainda na região de São José dos Ausentes, Jeske-Pieruschka *et al* (2010) identificaram que entre 1500 a 1580 d.C. ocorreu expansão dos campos e a retração da floresta. O crescimento de campos já estava ocorrendo naturalmente, porém a quantidade elevada de carvão no sedimento desse período demonstra que o fogo foi o principal fator da mudança na vegetação. A partir de 1580 a 1935, ocorreu a expansão da Floresta com Araucária e retração dos Campos. Essa expansão é devido à diminuição das queimadas. Esta questão pode estar ligada ao colapso das populações indígenas com a chegada dos europeus (Jeske-Pieruschka *et al*, 2010). Segundo Behling *et al*. (2004), em Cambará do Sul entre 1520 a 1770 d.C., ocorreu a época mais quente, comprovada pelo aumento de Weinmannia no local.

Nos últimos 150 anos até o presente, observou-se na região de Vila Velha mudança na composição dos sedimentos, tornando-se mais minerogênicos. Essa ocorrência pode ter se dado devido à utilização do local para pastagem de gado, o que reduz a vegetação, favorecendo a erosão mecânica. O aumento da família Poaceae e a diminuição de Cyperaceae e *Araucaria angustifolia* pode ser reflexo de atividades antrópicas (Piraquive-Bermúdez *et al*., 2024). De 1935 d.C. até o presente, na região de São José dos Ausentes, ocorre a expansão da floresta e diminuição dos campos. Isso é observado devido à baixa concentração dos grãos de pólen da família Poaceae, e pode também estar relacionada à ausência de incêndios nos últimos 70 anos. Porém essa é uma floresta degradada devido ao pisoteio do gado e da exploração madeireira — atividades que ocorrem no sul do Brasil desde o século XX (Jeske-Pieruschka *et al*, 2010).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

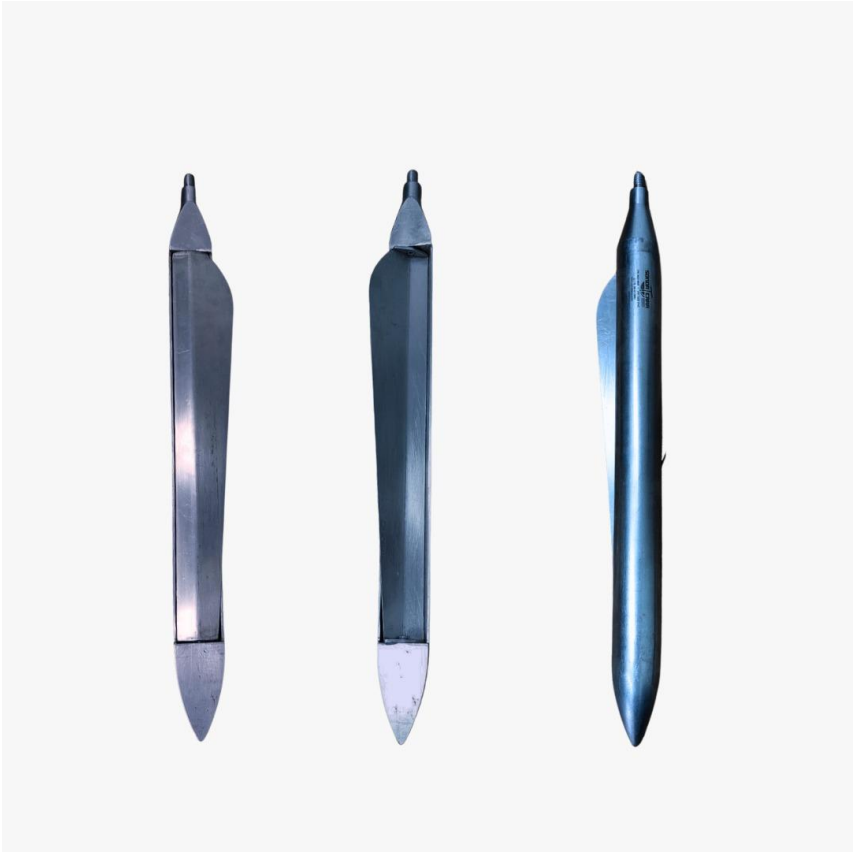
4.1 Coleta das amostras

Para alcançar os objetivos dessa pesquisa foi realizado um trabalho de campo no dia 14 de dezembro de 2022, no interior da Estação Ecológica da Mata Petra (ESEC-MP), no município de Abelardo Luz, Santa Catarina, Brasil. A coleta do testemunho sedimentar foi efetuada em uma área de turfeira (Figura 7), em posição de cabeceira de vale, no primeiro fragmento da ESEC-MP (Figura 1), com a utilização do coletor tipo *Russian* (Figura 8).

Figura 7 – Vista parcial da turfeira

Fonte: acervo pessoal da autora, 2022

Figura 8 – Coletor tipo Russian



Fonte: https://sondaterra.com/produto/trado-russo/, 2024

O coletor tipo *Russian* (Figura 8) é composto por uma cápsula tubular de 50 cm de comprimento por 5 cm de diâmetro (que contém uma ponteira e uma chapa de aço), com barras de extensão e uma manivela. Por meio de movimentos manuais, o testemunhador é inserido no local desejado para a coleta, na posição vertical e com movimentos rotacionais a cápsula recolhe o sedimento. Ao girar o tubo, a chapa de aço estabiliza a coluna sedimentar que preenche a cápsula tubular, desse modo, o testemunho pode ser retirado da perfuração sem sofrer danos estruturais, pois ele se encontra fechado e protegido dentro da cápsula. Depois de retirado, deve-se fazer movimento de 180º para expor uma amostra semicilíndrica sobre a chapa de aço.

Com o coletor tipo *Russian* (Figura 8), a cada 50 cm foram coletadas amostras de sedimento, chegando-se a uma coluna com o total de 320 cm de profundidade. A essa profundidade o coletor encontrou um nível de impedimento, não sendo, necessariamente, a base da turfeira. Para evitar a contaminação de palinomorfos de níveis anteriores, a cápsula tubular foi limpa cuidadosamente.

Ainda em campo, as amostras do testemunho foram acondicionadas, identificadas respeitando a sua profundidade, em tubos de policloreto de vinila (PVC) contendo o mesmo diâmetro da cápsula do instrumento coletor, anteriormente cortados no sentido longitudinal. As amostras foram embaladas com filme plástico e sacos pretos e transportadas ao laboratório para processamento químico padrão de Palinologia de Quaternário (Faegri; Iversen 1975; Salgado-Labouriau, 2007).

4.2 Descrição morfológica do testemunho sedimentar

Essa descrição foi realizada com base na cor da matriz úmida (e, quando visível, na cor dos mosqueados), na textura ao tato e no tipo de contato. Para a descrição da cor matriz (e dos mosqueados), utilizou-se o Sistema de Cores de Munsell (Munsell Soil Color Chart, 1994).

A textura ao tato foi determinada com o auxílio do Guia para Classes de Textura (IBGE, 1995), que apresenta as seguintes classes: areia, silte, argila, areia franca, franco, franco argilo-arenoso, franco argiloso, franco arenoso, argila arenosa, muito argiloso, argila siltosa, franco argilo-siltoso e franco siltoso.

O tipo de contato entre as camadas foi determinado conforme a seguinte classificação: transição abrupta (até 2 cm), clara (2-5 cm), gradual (5-15 cm) e difuso (maior que 15 cm) (IBGE, 1995). Essa etapa foi realizada no Laboratório de Geologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó.

4.3 Geocronologia

Objetivando inferências de cunho cronoestratigráfico, para subsidiar as interpretações paleoambientais, em laboratório foram separadas três amostras com 20 g de sedimento seco, para determinação da idade radiocarbônica. As amostras foram enviadas para o Centro de Estudos de Isótopos Aplicados da Universidade da Georgia (EUA)[1], sendo submetidas à análise ^{14}C-MAS. Estas análises foram financiadas com recursos do Processo CNPq – 406215/2023-5.

[1] Center for Applied Isotope Studies. The University of Georgia (USA)

Para fins de interpretação paleoambiental, um modelo de idade-profundidade foi elaborado usando o pacote de Bacon (Blaauw; Christen, 2011), As idades foram calibradas usando a curva SHCal20 (Hogg *et al*., 2020).

4.4 Processamento químicos das amostras

O processamento químico foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Faegri e Iversen (1975), no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó. Em intervalos de 4 cm foram extraídas subamostras de 1 cm^3 do testemunho sedimentar, totalizando 81 amostras. Após o processamento químico, para cada subamostra foram montadas cinco lâminas em meio de gelatina glicerinada, totalizando 405 lâminas.

4.5 Processamento químico padrão para Palinologia de Quaternário

O processamento químico padrão de Palinologia de Quaternário consiste em adicionar um comprimido de *Lycopodium clavatum*, tratar as amostras com ácidos para remoção de sílica e carbonatos e com base para remoção dos ácidos húmicos, intercalando com lavagem utilizando água destilada e centrifugação. Utiliza-se:

1. Ácido clorídrico (HCl), solução a 10%, para remoção dos carbonatos.
2. Hidróxido de potássio (KOH), solução a 10%, para dispersão dos ácidos húmicos e da matéria orgânica.
3. Ácido acético glacial (CH_3COOH), para desidratação.
4. Acetólise, para remoção do conteúdo interno dos palinomorfos.

Para iniciação do processamento químico, as subamostras (1 cm^3) foram acondicionadas em tubos falcon de 15 ml. Posteriormente, para a remoção dos carbonatos utilizou-se 4 ml de uma solução de ácido clorídrico (HCl) a 10%. O conteúdo foi revolvido manualmente e levado para a centrífuga, onde foi agitado mecanicamente por quatro minutos e descartado em local apropriado. Para remoção desse ácido, o material foi lavado utilizando água destilada, levado à centrífuga e descartado.

Para remoção dos ácidos húmicos e matéria orgânica, adicionou-se nas amostras 4 ml de uma solução de hidróxido de potássio a 10% (KOH), o material

foi revolvido manualmente e agitado mecanicamente em centrífuga por quatro minutos e descartado. Para remoção dos reagentes, o material foi lavado utilizando água destilada e levado à centrífuga por quatro minutos até o líquido sobrenadante ficar translúcido. Em seguida, foi realizada filtragem com uma malha de 150 µm utilizando água destilada.

Para desidratação das amostras, com o intuito de impedir uma reação química explosiva — que ocorre ao misturar água e acetólise —, adicionou-se 3 ml de ácido acético glacial (CH_3COOH) nas amostras, revolvido manualmente e agitado mecanicamente em centrífuga por quatro minutos, sendo descartado o sobrenadante.

Posteriormente foi realizada a acetólise, que consiste na mistura de nove partes de anidrido acético $(CH_3CO)_2O$ e uma parte de ácido sulfúrico (H_2SO_4), 5 ml dessa substância foi colocada nas amostras, revolvido, levado em banho-maria a temperatura de 90ºC por três minutos e mais quatro minutos em centrífuga. O material sobrenadante foi descartado e para a eliminação desse ácido foi realizada uma lavagem utilizando água destilada e levado à centrífuga por quatro minutos. O objetivo dessa etapa (acetólise) é a eliminação da celulose e conteúdo citoplasmático dos grãos de pólen e esporos (Salgado-Labouriau, 2007), e a remoção do conteúdo interno dos palinomorfos. Considerando-se que a exina é transparente, ou translúcida, é necessário eliminar o conteúdo interno dos palinomorfos para uma melhor observação dos detalhes morfológicos da exina (Salgado-Labouriau, 2007).

Após o processamento químico, foi realizada a montagem das lâminas com a utilização de gelatina glicerinada. A exina é elástica e mantém sua elasticidade após o tratamento químico (Salgado-Labouriau, 2007). Portanto, os grãos de pólen e esporos continuam com sua propriedade morfológica após sua desidratação. A gelatina glicerinada hidrata os grãos de pólen e esporos, e assim eles apresentam na lâmina a sua aparência habitual.

4.6 Análise quantitativa e qualitativa

Para análise quantitativa, 300 grãos de pólen foram contabilizados separadamente dos esporos. Com o auxílio de um microscópio óptico biológico, foi realizada a identificação taxonômica dos palinomorfos até o menor nível

hierárquico possível. Os esporomorfos são retratados em ordem evolutiva. Para tal, realiza-se comparação das amostras às coleções palinológicas, catálogos de referência e à Rede de Catálogos Polínicos Online (RCPol). Os táxons polínicos foram agrupados de acordo com seu habitat. Os dados são apresentados em um gráfico de porcentagem palinológico, elaborado com auxílio do software TÍLIA 2.6.1. Para determinar as fases paleoambientais, efetuou-se a análise de agrupamento com o auxílio do software CONISS.

A análise das lâminas foi realizada no Laboratório de Geologia, da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó, bem como no Laboratório de Microscopia Ótica – Núcleo de Estudos Paleo Ambientais (NEPA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Francisco Beltrão.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 Descrição morfológica do testemunho sedimentar

Em laboratório, o testemunho é mantido em ambiente refrigerado a 4ºC. Para obtenção da cor e textura ao tato, os segmentos do testemunho foram desembrulhados e expostos em bancada (Figura 9), no Laboratório de Geologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó. Com auxílio do Sistema de Cores Munsell, observou-se a variação de cores ao longo do testemunho. A partir da identificação de camadas de materiais com cores diferenciadas, foi obtida a textura ao tato, portanto, utilizou-se o tato entre os dedos para verificar as frações granulométricas predominantes.

Figura 9 – Testemunho sedimentar coletado na ESEC-MP

Fonte: acervo pessoal da autora, 2023

A partir das características de cor e textura ao tato, foram definidas seis camadas distintas. Todas as camadas apresentam materiais com textura franco argilosa ao tato e contato claro (Quadro 1).

A camada I, de 320 até 300 cm, exibe coloração cinza muito escura (7.5YR13/1, úmida); a camada II, de 300 até 250 cm, apresenta cor preta (7.5YR2.5/1, úmida); a camada III, de 250 até 200 cm, exibe cor cinza escura (7.5YR4/1, úmida) com mosqueado amarelo avermelhado (7.5YR6/8, úmida). Já a camada IV, de 200 até 150 cm, apresenta coloração cinza (7.5YR5/1, úmida)

com mosqueados amarelo avermelhado (7.5YR6/8, úmida). A camada V, entre 150 a 50 cm de profundidade, constitui-se por material de cor cinza muito escura (7.5YR3/1, úmida), sem material orgânico fibroso aparente e se encontra em contato claro com a camada seguinte. A camada VI, correspondendo aos primeiros 50 cm de profundidade, apresenta coloração preta (7.5YR2.5/1, úmida), com presença de raízes.

Quadro 1 – Definição de cor e textura ao tato

CAMADA	**PROF. (cm)**	**COR**	**TEXTURA AO TATO**
VI	50 - 0	preta (7.5YR2.5/1)	franco argilosa e com presença de raízes
V	150 - 50	cinza muito escura (7.5YR3/1)	franco argilosa sem material orgânico fibroso aparente
IV	200 - 150	cinza (7.5YR4/1) com mosqueado amarelo avermelhado (7.5YR6/8)	franco argilosa
III	250 - 200	cinza escura (7.5YR4/1) com mosqueado amarelo avermelhado (7.5YR6/8)	franco argilosa
II	300 - 250	preta (7.5YR2.5/1)	franco argilosa
I	320 - 300	cinza muito escura (7.5YR13/1)	franco argilosa

Fonte: elaborado pela autora, 2024

5.2 Análise palinológica

Apesar de as amostras terem sido processadas em intervalos de 4 cm, optou-se por analisá-las em intervalos de 8 cm para se ter um cenário completo do testemunho coletado. Esse encaminhamento foi necessário devido ao tempo exíguo para a realização das análises quantitativa e qualitativa dos palinomorfos. Das 41 amostras analisadas, 15 foram consideradas estéreis, ou seja, não atingiram a contagem de 300 grãos de pólen. As amostras estéreis situam-se nas camadas 3 e 4 (Quadro 1).

Os 78 palinomorfos identificados foram agrupados conforme suas afinidades ecológicas: Campos, Floresta, Samambaias, Licófitas, Briófitas e Algas (Quadro 2). A partir da análise de agrupamento, foi possível a identificação de três fases ambientais distintas: AL-I, AL-II e AL-III (Figura 10). A primeira fase ambiental (AL-I) corresponde aos sedimentos de 320 cm a 136 cm, abrangendo o intervalo de tempo entre 39.647 a 18.483 anos AP. Essa primeira fase foi subdividida em duas subfases: AL-Ia, de 320 cm a 256 cm, e AL-Ib, de 248 cm a 136 cm. A segunda fase ambiental, AL-II, vai de 136 cm até 64 cm, abarcando o período entre 18.483 a 9.639 anos AP. A terceira fase ambiental, AL-III, vai de 64 cm a 0 cm, abrangendo os últimos 9.639 anos AP.

Quadro 2 – Inventário dos grãos de pólen e esporos encontrados na ESEC-MP

Família	**Espécie ou Gênero**	**Atributos Ecológicos**	**Agrupamento no Diagrama**
ALGAS			
Zygnemataceae	Zygnema	Algas de água doce; ambientes lacustres, palustres e solos úmidos com pouca profundidade.	Algas
Pseudoschizaea	-----	Organismo de afinidade botânica incerta, provavelmente originado de algas dulciaquícolas	Algas
BRIÓFITAS			
Sphagnaceae	Sphagnum	Planta subaquática	Briófitas
LICÓFITA			

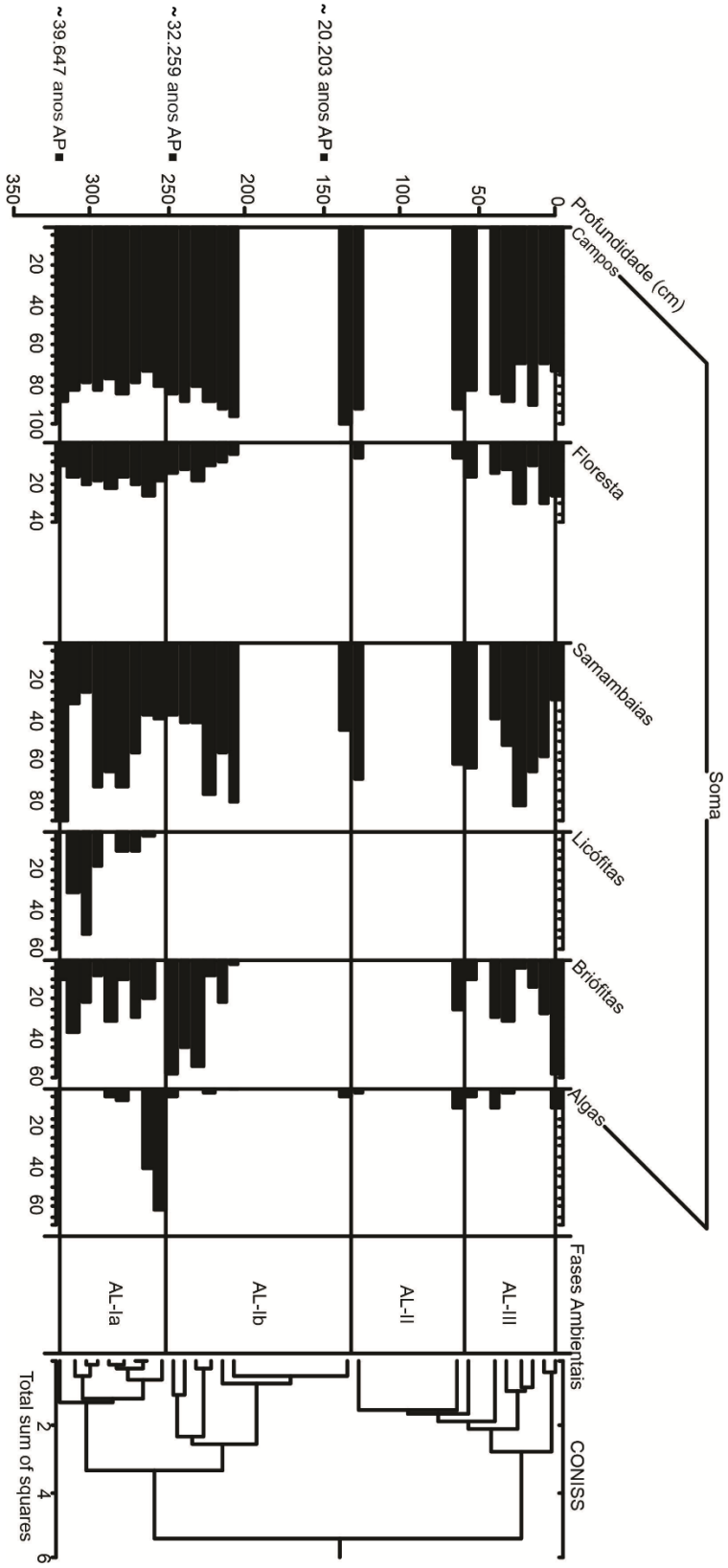
Isoetaceae	Isoetes	Planta Aquática	Licófitas
SAMAMBAIAS			
Blechnaceae	Blechnum	Plantas terrestres subarborescentes ou rupestres	Samambaias
Lycopodiaceae	Lycopodium clavatum	Planta terrestre, ambiente semiaberto	Samambaias
Cyatheaceae	-----	Plantas terrestres de hábito arborescente	Samambaias
Osmundaceae	Osmunda	Erva	Samambaias
Aspleniaceae	Asplenium	Plantas terrestres, rupícolas ou epífitas	Samambaias
Pteridaceae	Adiantum	Erva	Samambaias
	Monolete psilado	Plantas terrestres	Samambaias
	Monolete verrucado	Plantas terrestres	Samambaias
	Trilete psilado	Plantas terrestres	Samambaias
GYMNOSPERMAS			
Araucariaceae	Araucaria angustifólia	Árvores da Floresta Ombrófila Mista	Floresta
Podocarpaceae	Podocarpus	Árvores da Floresta Ombrófila Mista	Floresta
ANGIOSPERMAS			
Alismataceae	-----	Ervas aquáticas, parcialmente submersas, flutuantes ou paludosas	Campo
Xyridaceae	Xyris	Ervas, comum em áreas abertas e alagáveis	Campo
Cyperaceae	-----	Ervas comuns em áreas abertas e alagáveis e nas bordas de mata	Campo
Poaceae	-----	Ervas, comum em todas as formações campestres	Campo
	Zea mays	Ervas, planta de cultivo	Campo
Caryophyllaceae	-----	Ervas	Campo
Amaranthaceae	-----	Ervas (predominantemente), subarbustos ou trepadeiras	Campo
	Gomphrena	Ervas ou subarbustos, comuns em regiões quentes e temperadas	Campo
	Pfaffia	Arbustos, comuns em campos mais secos	Campo
	Chenophodiaceae	Ervas	Campo
Lythraceae	Cuphea	Ervas, comuns em formações abertas	Campo
Myrtaceae	-----	Árvores e arbustos, comuns em todas as formações vegetais	Floresta
Melastomataceae	-----	Ervas, arbustos ou árvores, comuns em todas as formações vegetais	Floresta
Euphorbiaceae	-----	Ervas, arbustos, árvores ou lianas	Floresta
-----	Sebastiania	Árvores ou arbustos, comuns em todas as formações florestais brasileiras	Floresta
-----	Weinmannia	Arbusto ou arvoreta, comum na Floresta Ombrófila Densa	Floresta

Mimosoideae	Mimosa	Árvores arbustos ou ervas, comuns nos trópicos e importante gênero das formações vegetais brasileiras	Floresta
	Mimosa scabrella	Árvore de até 15 m, exclusiva da Floresta Ombrófila Mista	Floresta
Cannabaceae	Celtis	Arbustos, árvores ou lianas	Floresta
Urticaceae	-----	Ervas, arbustos, árvores ou lianas. Comum em formações secundárias, clareiras no interior de florestas e borda de matas	Floresta
Sapindaceae	-----	Arbustos, árvores ou lianas, comuns nas florestas	Floresta
Myrsinaceae	Myrsine	Arbustos e árvores; comum em florestas das regiões Sul e Sudeste	Floresta
Symplocaceae	Symplocos	Arbustos ou árvores, comuns na Floresta Ombrófila Densa	Floresta
Clethraceae	Clethra	Árvores ou arbustos, comuns nas Florestas Ombrófilas Densa e Mista	Floresta
Ericaceae	-----	Subarbustos, arbustos ou árvores.	Floresta
Rubiaceae	-----	Ervas, subarbustos e arbustos	Floresta
Plantaginaceae	Plantago	Ervas, comuns nos campos sulinos e turfeiras	Campo
Lamiaceae	-----	Ervas ou arbustos, comuns nos campos	Campo
Solanaceae	Solanum	Ervas, arbustos ou pequenas árvores	Campo
Apiaceae	----	Ervas	Campo
	Eryngium	Ervas comuns em áreas alagáveis, podendo ocorrer em áreas secas	Campo
Aquifoliaceae	Ilex	Arbustos ou árvores, comuns nas áreas de maior altitude das regiões sul e sudeste	Floresta
Asteraceae	-----	Ervas, subarbustos, arbustos e menos frequentemente árvores ou lianas	Campo
	Jungia	Ervas, comuns em todas as formações	Campo
	Vernonia	Ervas, arbustos e árvores, comuns nas formações campestres ou florestais	Floresta
	Senecio	Ervas anuais ou perenes, subarbustos, arbustos ou arvoretas de porte variado	Campo
	Baccharis	Ervas, podem ser encontradas nos mais diversos habitats, preferencialmente nos campos	Campo
	Borreria	Ervas anuais ou perenes	Campo

	Celosia	Ervas	Campo
	Mutisia	Liana, trepadeira	Campo
Valerianaceae	Valeriana	Ervas, subarbustos ou lianas, comuns nos campos de alitude	Campo
-----	Trema	Árvores pioneiras, ocorre em diferentes formações florestais	Floresta
Fabaceae	-----	Ervas, menos frequente arvores e arbustos, de ampla distribuição	Campo
Verbenaceae	-----		Campo
Thymelaceae	-----	Árvores, ocorrem na Floresta Ombrófila Mista e eventualmente na Floresta Ombrófila Densa	Floresta
Malvaceae	-----	Ervas, arbustos ou árvores	Floresta
Anacardiaceae	-----	Árvores ou arbustos, raramente lianas ou ervas	Floresta
Meliaceae	-----	Arbustos ou árvores	Floresta
Iridaceae	-----	Ervas ou herbácea perene.	Campo
Scrophulariaceae	Buddleja	Ervas e subarbustos, raramente arbustos ou árvores	Campo
Acanthaceae	-----	Ervas, arbustos, lianas e menos frequente árvores	Campo
	Forsteronia	Subarbusto, liana ou trepadeira	Campo
Verbenaceae	-----	Ervas, subarbustos, arbustos, arvoretas, árvores ou lianas	Campo
-----	Moritzia	Ervas perenes	Campo
-----	Croton	Arbusto, Árvore, Erva, Liana/volúvel/trepadeira, Subarbusto	Floresta
-----	Abutilon	Arbusto, Árvore, Subarbusto	Floresta
Myristicaceae	-----	Arbusto, Árvore, Subarbusto	Floresta
Rhamnaceae	-----	Arbusto, Árvore, Erva, Liana, trepadeira, Subarbusto	Floresta
Piperaceae		Arbusto, Árvore, Erva, Liana, trepadeira, Subarbusto	Floresta
	Piper	Arbusto, Árvore, Erva, Liana/volúvel/trepadeira, Subarbusto	Floresta
Liliaceae	-----	Erva, Subarbusto	Campo
Linaceae	----	Arbusto, Árvore, Erva, Subarbusto	Campo
Commelinaceae	Tradescantia	Ervas	Campo
-----	Pera	Arbusto, árvore	Floresta
-----	Casearia	Arbusto, árvores, Subarbusto	Floresta

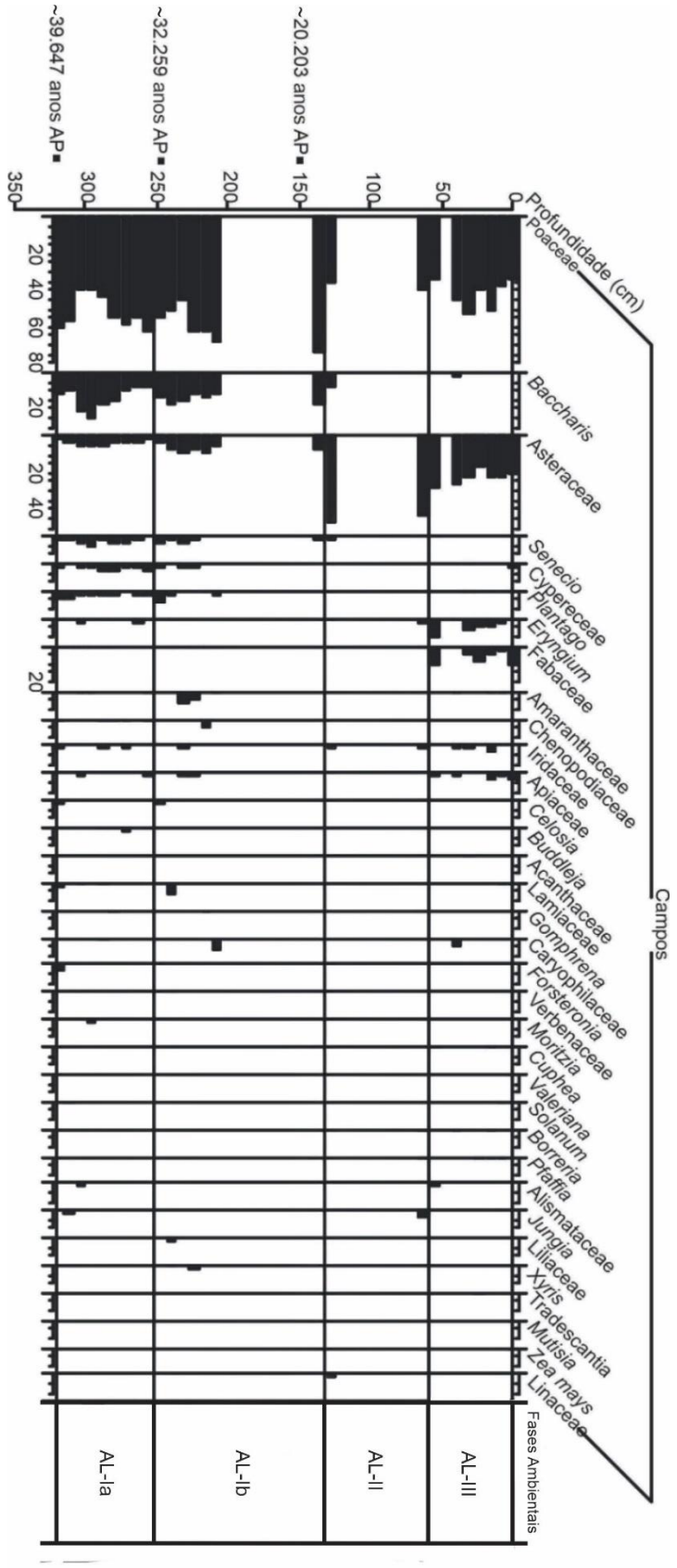
Fonte: elaborado pela autora, 2024

Figura 10 – Diagrama Palinológico da ESEC-MP – Soma



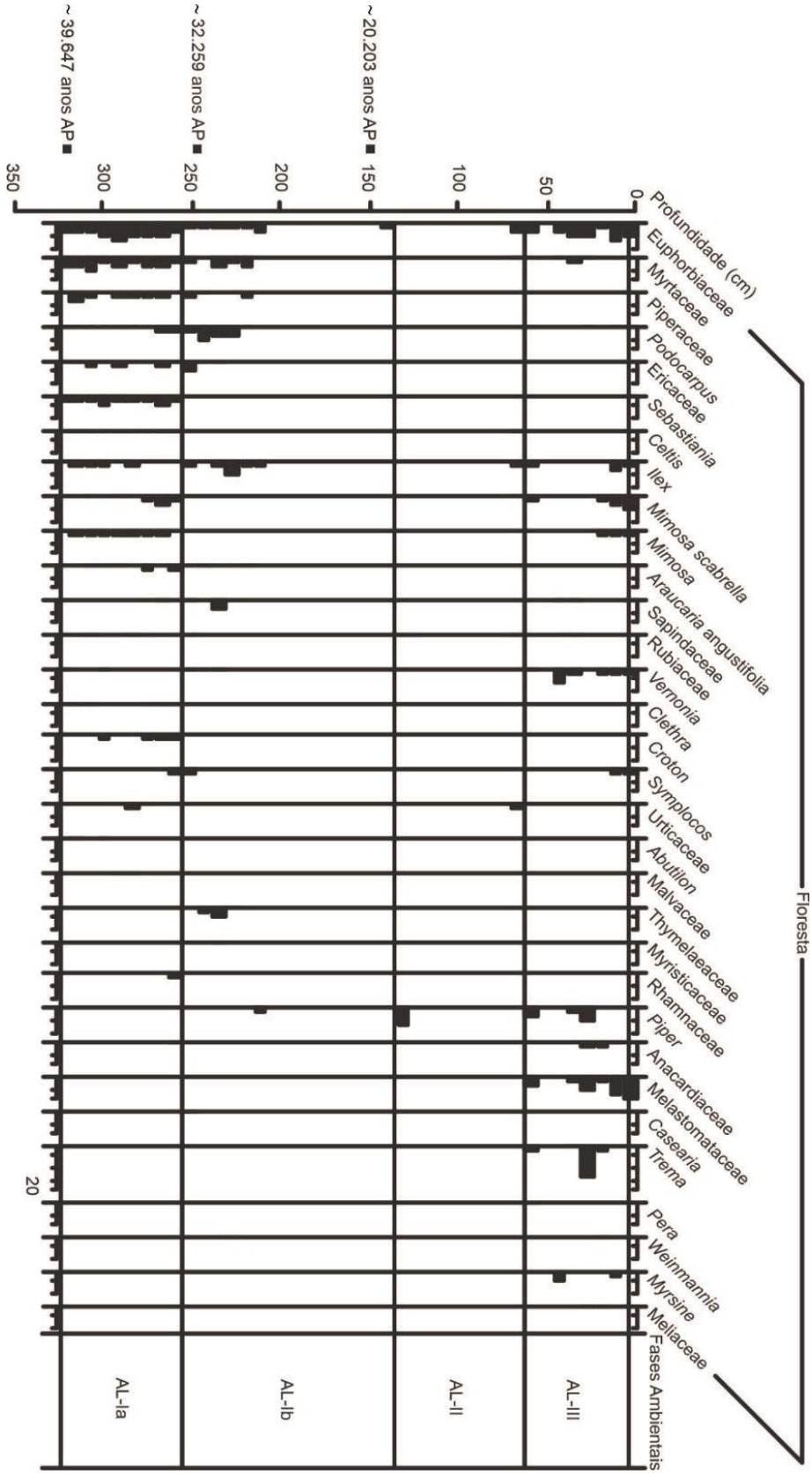
Fonte: elaborado pela autora, 2024

Figura 11 – Diagrama Palinológico da ESEC-MP – Campos



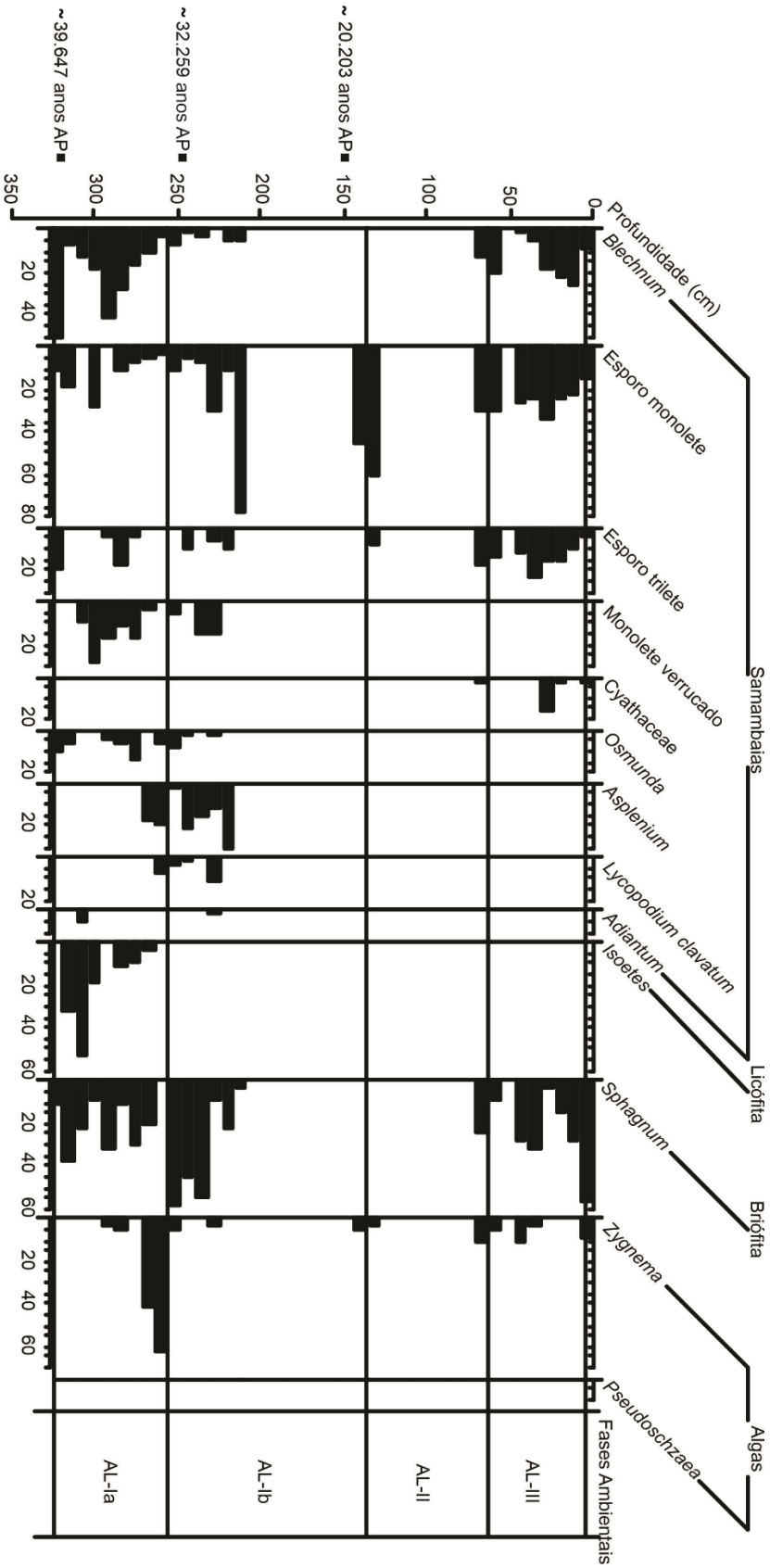
Fonte: elaborado pela autora, 2024

Figura 12 – Diagrama Palinológico da ESEC-MP – Floresta



Fonte: elaborado pela autora, 2024

Figura 13 – Diagrama Palinológico da ESEC-MP – Esporos



Fonte: elaborado pela autora, 2024

5.2.1 AL-I (COM INTERVALO DE 320 CM ATÉ 136 CM; 11 AMOSTRAS)

5.2.1.1 AL-IA (COM INTERVALO DE 320 CM ATÉ 256 CM; 9 AMOSTRAS)

Na fase ambiental AL-Ia, os táxons campestres são mais expressivos, tendo uma variabilidade de 72,8% a 89,4%. Os grupos taxonômicos com maior representatividade são Poaceae (38,5% - 61,6%), *Baccharis* (7,2% - 24,4%), Asteraceae (1% - 5%), *Plantago* (0,3% - 4%), *Senecio* (0,7% - 6%), Cyperaceae (0,3% - 4,3%), *Eryngium* (0,3% - 1,6%) e Fabaceae (0,3% - 1,7%).

A floresta se faz presente nessa subfase variando de 10,6% a 27,2%. Sendo representada pelas famílias Euphorbiaceae (2,4% - 7,6%), Piperaceae (1% - 3,3%), Myrtaceae (1% - 5,1%), pelos gêneros *Sebastiania* (1,7% - 4,9%), *Podocarpus* (0,3% - 2,3%), pela família Ericaceae (0,3% - 2,3%), *Mimosa* (0,3% - 2%) e pela espécie *Mimosa scabrella* (0,3% - 2,6%). Apesar de menos expressiva, é possível observar a presença da *Araucaria angustifolia* (0,3% - 1%), *Ilex paraguariensis* (0,3%) e *Croton* (0,3% - 1%). Nessa subfase foi encontrado um grão de pólen do tipo *Alnus*, na amostra de 280 cm.

As Licófitas presentes nesta subfase são representadas, exclusivamente, pelo gênero *Isoetes* (52,2% - 2,6%). Samambaias dos gêneros *Blechnum imperiale* (3,2% - 50%), *Asplenium* (17,9% - 19,4%) e *Osmunda* (3,4% - 13,3%) têm representação importante. Briófitas são representadas somente pelo gênero *Sphagnum* (37,5% - 9,1%). Já as Algas, pela *Zygnema* (3,4% - 61,3%).

5.2.1.2 AL-IB (COM INTERVALO DE 256 CM ATÉ 136 CM; 7 AMOSTRAS)

Nesta subfase AL-Ib, predominam-se os táxons campestres, tendo uma mínima variação de 85,2% a 99,7%. Os grãos de pólen são da família Poaceae (55,4% - 74%), família Asteraceae (3,4% - 9,2%), gênero *Baccharis* (12,4% - 16,8%), *Senecio* (1% - 3,7%), *Plantago* (1,5% - 6,7%), Cyperaceae (1% - 1,3%), Fabaceae (0,7% - 1,5%), Amaranthaceae (1% - 5,9%). Grãos de pólen do tipo *Eryngium* aparecem nessa fase em 240 cm com 0,7%.

A floresta nesta subfase aparece com variação de 0,3% a 18,8%. Grãos de pólen florestais são representados, majoritariamente, pela família Euphorbiaceae (0,3% - 2%), Piperaceae (0,7% - 1,9%), Myrtaceae (0,7% - 3,3%), Ericaceae (0,7% - 4%), pelo gênero *Podocarpus* (0,5% - 5,1%), *Vernonia* (0,3%

- 0,7%), *Weinmannia* (0,3%), *Araucaria angustifolia* (0,3% - 0,5%) e *Ilex paraguariensis* (0,5% - 4%).

Também foi possível observar porcentagens importantes de samambaias do tipo *Blechnum imperiale* (1,9% - 15%), *Osmunda* (1,9% - 8,7%), *Asplenium* (2,2% - 30%), *Lycopodium* (1,9% - 10,6%). Briófitas do tipo *Sphagnum* variam de 9,1% a 58,7%. As algas são representadas pelos tipos *Zygnema* (3% - 5%) e *Pseudoschizaea* (5%).

No topo dessa subfase, entre 200 e 144 cm, observa-se ausência de palinomorfos. Isso caracteriza este intervalo no testemunho como hiato polínico.

5.2.2 AL-II (COM INTERVALO DE 136 CM ATÉ 64 CM; 2 AMOSTRAS)

Nesta fase ambiental, AL-II, os táxons campestres não têm variação significativa, tendo porcentagem de 92,3% a 92,7%. Os campos são representados pela família Asteraceae (42,8% - 46,5%) que possui maior porcentagem, seguida pela família Poaceae (35,5% - 39,5%), Iridaceae (1% - 1,3%), Linaceae (0,7%), Fabaceae (1,7%), gênero *Eryngium* (0,7% - 2,7%), *Senecio* (1%), *Baccharis* (7%), *Jungia* (4%).

A Floresta, nessa fase, não sofre variação, sendo observada uma mudança não muito significativa de 7,3% para 7,7%. Táxons florestais com maior porcentagem são o gênero *Piper* (6,6%), as famílias Euphorbiaceae (2,7%) e Urticaceae (2,3%). A espécie *Mimosa scabrella* e a família Myrtaceae aparecem com 0,3%. Já os gêneros *Celtis,* a espécie *Ilex paraguariensis* e a família Rubiaceae aparecem com 0,7% cada.

Samambaias do tipo *Blechnum imperiale* (12,4%) e Cyatheaceae (2,2%) são encontradas nessa fase ambiental, assim como as Briófitas do tipo *Sphagnum* (24,7%) e alga Zygnema com variação de 2,8% a 10,1%.

No intervalo entre essas duas amostras, encontra-se novo hiato polínico, sendo constituído por 7 amostras que foram classificadas como estéreis, visto que a quantidade de grãos de pólen contido nelas não ultrapassou 50.

5.2.3 AL-III (COM INTERVALO DE 64 CM ATÉ 0 CM; 7 AMOSTRAS)

Na fase ambiental III, observou-se que os campos obtêm variação de 69,8% a 89,6%. Com maiores porcentagens encontra-se a família Poaceae

(32,8% - 52,3%), Asteraceae (17,5% - 27,3%), Fabaceae (3,1% - 10,4%), Apiaceae (0,5% - 2,3%), Iridaceae (1,7% - 2,1%), e os gêneros *Baccharis* (2,5%), *Eryngium* (1% - 9,6%), *Solanum* (0,7%), *Pfaffia* (0,3% - 0,9%). Foi encontrado um grão de pólen de *Zea mays* na amostra de superfície.

A floresta nessa fase ambiental tem variação de 10,4% a 30,4%, sendo representada pela família Euphorbiaceae (1,1% - 7,5%), Melastomataceae (1,1% - 8,7%), pelos gêneros *Podocarpus* (0,3% - 1%), *Mimosa* (0,7% - 1,1%), pela espécie *Mimosa scabrella* (0,7% - 4,3%), *Vernonia* (1% - 7,1%), *Piper* (0,7% - 3%), *Symplocos* (0,9% - 1,7%), sendo o *Symplocos* encontrado nas duas primeiras amostras, *Myrsine* (0,3% - 3,9%), *Trema micrantha* (0,3% - 13,3%), *Ilex paraguariensis* (0,5% - 2,5%). Foi encontrado um grão de pólen de *Araucaria angustifolia.*

Esporos de samambaia do tipo *Blechnum imperiale* (1,4% - 25,9%) e Cyatheaceae (2,4% - 16,7%) obtiveram porcentagem importante, assim como Briófitas do tipo *Sphagnum* (3,7% - 58,4%). Algas do tipo Zygnema (2,8% - 10,8%) e *Pseudoschizaea* (0,8%) também foram encontradas nessa fase.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Expansão e retração da Floresta (~39.647 anos AP - ~18.483 anos AP)

A paisagem, no período de ~39.647 anos AP - ~18.483 anos AP, é composta, predominantemente, por vegetação campestre, sendo esse campo constituído por ervas e arbustos. Ele se caracteriza essencialmente como Campo Úmido, pois apesar da presença marcante de Poaceae, predominante na paisagem, e Asteraceae, que é característica de Campo Seco, táxons como *Plantago*, Cyperaceae e *Eryngium* estão presentes, sugerindo um ambiente regionalmente frio e úmido. De fato, a presença desses táxons indica ambiente de clima frio e úmido (Behling, 1995). A Cyperaceae, por exemplo, é uma família que prefere habitar terrenos brejosos e alagadiços (Joly, 2002). Segundo Irgang (1973), a maior parte das espécies do gênero *Eryngium* pertence a ambientes úmidos. De acordo com Boldrini *et al*. (2009), esse é o principal gênero da família Apiaceae nos campos do Planalto Subtropical com Araucárias, apresentando 17 espécies.

A despeito do domínio da vegetação campestre nesse período, o registro palinológico evidencia presença de floresta que, apesar de ser dominada pela família Euphorbiaceae, se caracteriza como sendo Floresta Ombrófila Mista, ou Floresta com Araucária. Os táxons que caracterizam tal floresta e se fazem presente em toda essa fase são: *Podocarpus*, *Mimosa*, *Mimosa scabrella*, *Ilex paraguariensis* e a própria *Araucaria angustifolia*, apesar de esta aparecer em pequenas porcentagens. A presença de *Araucaria angustifolia* demonstra quantidade elevada de umidade, já a presença de *Podocarpus* sugere condições de clima frio (Oliveira *et al*., 2006). A *Mimosa scabrella* é um táxon florestal pioneiro e exclusivo da Floresta Ombrófila Mista (Burkart, 1979; Sobral; Jarenkow, 2006).

A umidade evidenciada pela presença da floresta é corroborada com a presença de samambaias dos tipos *Blechnum imperiale* e *Osmunda*. A presença de *Isoetes*, planta aquática que cresce submersa (Fuchs-Eckert, 1986), sugerindo a existência de lago efêmero, tal qual foi descrito por Behling *et al*. (2004), e de algas dos tipos Zygnema e *Pseudoschizaea*, evidenciam a presença de lâmina d'água local. Musgos do tipo *Sphagnum*, presentes em todo este

período, demonstram a presença de turfeira nos últimos 40 mil anos, pelo menos, visto que esse briófito está associado a esse ambiente (Joly, 2002).

A umidade durante o Pleistoceno Superior, que está evidente nesse diagrama palinológico, também foi identificada por Paisani *et al*. (2019) na superfície de cimeira Palmas/Caçador, por Behling (2004) na região de Cambará do Sul e por Oliveira *et al*., (2008) no Planalto de São Bento do Sul. No entanto, a floresta descrita na região de Cambará do Sul, por Behling *et al*. (2004), é menos biodiversa do que a descrita neste trabalho. Nesse sentido, a floresta que se desenvolveu nesse setor do Planalto Subtropical com Araucárias, onde hoje insere-se a ESEC-MP, assemelha-se àquela descrita por Oliveira *et al*. (2008), no Planalto de São Bento do Sul. No qual a porcentagem da Floresta com Araucárias chega a 32%, representada por aproximadamente 23 táxons, semelhante ao número de táxons da floresta em foco que é composta por 24 táxons. Para Klein (1978), florestas como as descritas nesta pesquisa e no trabalho de Oliveira *et al*. (2008) podem ser definidas como florestas maduras devido a presença da *Araucaria angustifolia* em seu andar superior, com uma submata dominada por espécies da família Myrtaceae, do gênero *Sebastiania*, *Ilex* e *Vernonia*.

A presença de um grão de pólen de *Alnus*, gênero natural de Florestas Andinas, cuja dispersão é anemófila (Macedo, 2009), pode demonstrar a ocorrência de circulação atmosférica marcada por ventos fortes no início dessa fase.

É possível observar que durante o Pleistoceno Superior ocorre expansão da floresta devido à mudança de temperatura, de mais fria para mais quente, que favoreceu o desenvolvimento da FOM, ao mesmo tempo em que ocorre o recuo dos campos. De fato, o Pleistoceno Médio insere-se no EIM 3, definido nas áreas tropicais e subtropicais úmidas do planeta, como período quente e úmido (Thomas *et al*., 2001).

Porém, essa mudança de temperatura não perdurou muito, pois já no final dessa fase registra-se um recuo da floresta. Apesar da diminuição dos esporos de *Isoetes* em direção ao topo dessa fase, o que sugere a colmatação do lago efêmero, tal como ocorreu em Cambará do Sul (Behling *et al*., 2004), a presença constante de *Sphagnum* e *Zygnema* sugere que a umidade prevaleceu.

Diferentemente de outros estudos realizados no Planalto Subtropical com Araucárias durante o Pleistoceno Superior (Paisani, 2019; Behling, 2004), em que constatou-se mudança ou tendência para ambiente mais seco, a região onde hoje se localiza a ESEC-MT sempre teve umidade suficiente para a manutenção da FOM, chegando a apresentar a ocorrência de lâmina d'água local, como indicam os altos índices de *Isoetes*. Essa é a fase com maior presença de grãos de pólen de *Araucaria angustifolia* em todo o diagrama palinológico aqui descrito.

Durante essa fase (AL I), registra-se a presença de nível sedimentar de cor cinza com mosqueados amarelos avermelhados, espessura de 48 cm (Quadro 1), abrangendo o período entre ~26.417 e ~20.426 anos AP. Materiais de cor cinza demonstram ação de ambiente hidromórfico, desenvolvido em locais com deficiência de drenagem, o que provoca a saturação dos materiais por períodos prolongados (hidromorfia parcial) ou permanentes (hidromorfia total) (Kämpf; Curi, 2012). Já os mosqueados amarelo avermelhados demonstram presença de óxido de ferro secundários (Cornell; Schwertmann, 1996), o que indica que o processo hidromórfico não foi total. É provável que essas características de hidromorfia parcial tenham sido adquiridas já na área fonte desses depósitos, na posição de encosta. Isto porque se houvessem sido submetidos à hidromorfia pós-deposição, possivelmente ter-se-ia situação de hidromorfia total, visto a posição topográfica onde se encontra a turfeira (Figura 4). A origem de encosta desses materiais cinza mosqueados explicaria o hiato polínico verificado nessa profundidade. Isso porque palinomorfos não resistem a ambientes oxidantes (Bauermann *et al*., 2002). Somente está presente nesse nível o *Lycopodium clavatum* adicionado no processamento químico das amostras.

6.2 Expansão dos Campos durante o final do Pleistoceno (~18.483 anos AP até ~9.639 anos AP)

No intervalo do final do Pleistoceno ao início do Holoceno, os campos cobrem de forma quase generalizada o setor do Planalto Subtropical com Araucárias, no qual hoje está inserida a ESEC-MP. Esses campos são constituídos de arbustos e ervas. As famílias que têm predominância são Asteraceae e Poaceae, porém observa-se um crescimento do gênero *Eryngium*

e da família Fabaceae. Os gêneros *Baccharis* e *Senecio* aparecem no início dessa fase, mostrando um ambiente de temperaturas mais frias (Behling, 1995). A floresta, comparada com a da fase anterior, é reduzida e menos biodiversa, e constitui-se por *Piper*, Euphorbiaceae e Urticaceae. Além disso, possui pouca ocorrência dos gêneros *Mimosa scabrella* e *Ilex paraguariensis*, sendo esses dois táxons encontrados na Floresta Ombrófila Mista. No final dessa fase, observa-se concentração importante de *Sphagnum*, sugerindo a permanência da turfeira registrada desde ~39.647 anos AP. Bertoldo *et al*. (2013) também demonstram a ocorrência de FOM no final do Pleistoceno.

De fato, esse período é descrito por Iriondo (1999) como fase de clima seco e frio, o que é atestado pelo registro palinológico da ESEC-MP, embora a presença de esporos de *Blechnum imperiale* e *Sphagnum* sugira a permanência da turfeira. No entanto, Graeff (2023) descreve para esse período a existência de possível lago efêmero, sugerido pela presença de *Isoetes*.

A umidade elevada no Planalto Subtropical com Araucárias pode ser corroborada pela pesquisa de Gadens-Marcon *et al*. (2014), que constataram o aumento da precipitação no período entre 9.542 e 9.238 anos AP em Ametista do Sul (RS). De fato, essa condição pode ter ocorrido em toda a região do Planalto Subtropical com Araucárias. Graeff (2023) também evidencia condições de umidade nesse período. Já Paisani *et al*. (2019), na superfície de cimeira Palmas/Caçador, identificam oscilações climáticas do final do Pleistoceno até o Holoceno Tardio. Para esses autores teria havido, no período, um regime climático contínuo com características de seco e com flutuações climáticas para mais úmido.

O clima frio e úmido durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno com o predomínio de vegetação de campos também é observado em Caçador (Graeff, 2023), Chapecó (Eidt, 2019) e na Serra do Espigão (Lima *et al*., 2016). Porém, a região de Caçador (Graeff, 2023) teve oscilação da umidade, tendendo para ambiente de clima relativamente mais seco. Isso foi observado pela mudança da composição dos campos, passando de campo úmido para seco, com breve expansão da floresta. Contudo, essa condição não é observada na ESEC-MP, onde a umidade se faz presente durante todo o tempo.

Nessa fase, observa-se um hiato entre as amostras analisadas, que corresponde às amostras que foram classificadas como estéreis, pois não

obtiveram quantidade suficiente de palinomorfos, não ultrapassando, assim, 50 grãos de pólen.

6.3 Retomada da expansão florestal a partir do Holoceno inferior (~9.639 anos AP ao período moderno)

Esse período é marcado por novo avanço da FOM. A floresta, durante essa FA III, da base ao topo, expande significativamente. Essa expansão é observada com o aumento significativo de Euphorbiaceae, tendo a mesma tendência de expansão da base em direção ao topo. Além desse táxon, essa floresta é composta pela família Melastomataceae, pelos gêneros *Mimosa*, *Vernonia, Podocarpus* e *Symplocos* e pelas espécies *Mimosa scabrella*, *Ilex paraguariensis,* com poucos. Nesse período foi encontrado um grão de pólen de *Araucaria angustifolia*, evidenciando a existência da FOM nessa fase. Apesar de a presença dos campos ainda ser importante nesse período, sugerindo clima frio, essa nova expansão da FOM sugere ambiente mais úmido. Essas evidências corroboram com os resultados de Paisani *et al*. (2019) na região de cimeira Palmas/Caçador, na qual também identificam clima frio e úmido durante esse período.

É possível verificar que apesar do clima frio, sugerido pela predominância de campos, que vêm sofrendo declínio em direção ao topo do testemunho, o ambiente é propício para a expansão de Floresta Ombrófila Mista, da mesma forma que a umidade se faz presente em todo o momento dessa FA III, corroborando ainda mais para a formação da FOM. Durante o Holoceno Médio, Piraquive-Bermúdez *et al*. (2024) destacam a ocorrência de uma transformação da composição da vegetação na Lagoa Dourada, cuja cobertura vegetal arbórea fica mais densa. Em período de maior umidade na FLONA de Chapecó, Eidt (2019) também observa a expansão das áreas de floresta, o que corrobora com os dados obtidos na ESEC-MP. Igualmente, Graeff (2023) identifica expansão da floresta durante o final do Holoceno Médio e início do Holoceno Superior, em que atinge maiores porcentagens na região de Caçador.

Samambaias do tipo Cyatheaceae e *Blechnum imperiale* podem ser vistas na paisagem. Musgos do tipo Sphagnum demonstram que a turfeira ainda se faz presente, pois são comuns em solos ácidos, como brejos e pântanos (Joly,

2002). Também algas do tipo Zygnema e Pseudoschizaea são notadas em superfície. Chuvas periódicas são destacadas por Gadens-Marcon *et al*. (2014) de 8.935 a 7.113 anos AP, o que pode determinar a umidade durante esse período.

Na região da ESEC-MP, durante o Holoceno Inferior até o período atual, a umidade se mantém praticamente a mesma, o que corrobora com os resultados de Gadens-Marcon *et al*. (2014), que identificam oscilação de umidade durante esse período (6.810 anos AP até o presente), demonstrando mudança no padrão de precipitações na região de Ametista do Sul.

A expansão da Floresta Ombrófila Mista em Abelardo Luz se iniciou por volta de 10.343 anos AP. Edwald (2015) com base em seus estudos em fitólitos, demonstra que por volta de 6 mil anos AP ocorreu a expansão das florestas sobre os campos, porém, ela sugere mudança de clima seco mais úmido, contudo, a umidade se faz presente em todo o momento. Bertoldo *et al*. (2014) também observam a expansão da FOM por volta de 13 mil anos AP. Em outras regiões do Planalto Subtropical com Araucárias e borda do Planalto essa expansão teve início durante o Holoceno Inferior (4.200 anos AP) (Behling *et al*.,2001; Behling *et al*., 2004; Gadens-Marcon *et al*. 2014; Graeff, 2023).

Durante o final do Holoceno Inferior, Graeff (2023) identifica uma pequena diminuição da FOM e dos Campos Úmidos e relaciona essa mudança na paisagem à ação antrópica. Porém, durante esse período é observado na ESEC-MP o aumento da Floresta com Araucária, variando de 20% a 30%.

Encontrou-se um grão de pólen de *Zea mays*, característico da ação antrópica no local, e é mais sensato afirmar que esse palinomorfo veio das plantações que se encontram no entorno da ESEC-MP. Apesar de a turfeira estar protegida pela floresta, esse palinomorfo específico pode ser oriundo da chuva polínica atual e não necessariamente indicativo de ocupação dos povos originários.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho contribuem para a ampliação das respostas às mudanças climáticas ocorridas no Quaternário, no setor do Planalto Subtropical com Araucárias, no qual atualmente se encontra a ESEC-MP. O registro palinológico aqui apresentado documenta a história da vegetação dessa área nos últimos 40 mil anos. Esse é o terceiro testemunho sedimentar mais antigo que foi analisado no interior do Planalto Subtropical com Araucárias (Behling *et al*, 2004; Oliveira *et al*., 2008). A história paleoambiental aqui contada se assemelha em grande medida àquela ocorrida no Planalto de São Bento do Sul (Oliveira *et al*., 2008), que, em conjunto com os dados obtidos por Paisani *et al*. (2019), sugerem o Pleistoceno Superior com características fria e úmida. Foi possível identificar regeneração da vegetação florestal após o Último Máximo Glacial, evento de mudança climática de caráter global, já muito bem documentado em estudos nos trópicos e subtrópicos úmidos como período de clima frio, mas não necessariamente seco (Oliveira *et al*., 2006). Ainda assim, nos diagramas palinológicos que abarcam esse período, os resultados apontam para retração das áreas florestais (Behling *et al*., 2004).

Esse trabalho também corrobora com os dados de Oliveira *et al*. (2006), Bertoldo *et al.* (2014), e Eidt (2019), nos quais sugere-se o início da expansão da floresta em período mais precoce no interior do Planalto Subtropical com Araucárias, quando comparados aos estudos realizados na borda desse planalto. O mosaico campo-floresta que tem caracterizado a vegetação do interior do Planalto Subtropical com Araucárias também está presente neste trabalho. Além disso, a turfeira está presente nessa área há ~40 mil anos, pelo menos. No entanto, vale ressaltar que essa é a idade da base do testemunho coletado e não, necessariamente, a idade da turfeira que se desenvolveu nesse local.

No entanto, ainda restam muitas questões a serem esclarecidas sobre o Planalto Subtropical com Araucárias na área da ESEC-MP, por exemplo: como aquela região obteve tanta umidade para a permanência de FOM? Quando em outras regiões do Planalto Subtropical com Araucárias ocorreram oscilações de momento mais úmidos e mais secos? Os hiatos presentes neste diagrama palinológico, que se configuram como camadas com presença de oxidação,

ocorrem em outras turfeiras que existem na ESEC-MP? Tais perguntas não foram possíveis de serem respondidas neste trabalho. Possivelmente trabalhos futuros, pautados em Estratigrafia de Quaternário e análise fitolítica, possam auxiliar a respondê-las.

8 REFERÊNCIAS

APREMAVI, Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida. **Estação Ecológica da Mata Preta**. Disponível em: https://apremavi.org.br/?s=Mata+preta Acesso em: 12 set. 2022.

BAUERMANN, S. G.; MARQUES-TOIGO, M.; BEHLING, H.; NEVES, P. C. P. das. Aspectos Tafonômicos em Palinologia de Quaternário. **Pesquisas Botânicas**, n. 52, p. 223-239, 2002.

BEHLING, H. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). **Vegetation History and Archaeobotany**, 4i, p. 127-152, Springer-Verlag, 1995.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the *Araucaria* forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). **Review of Paleobotany and Palynology**, (1997) p. 109-121, 1996.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. 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. **Science Direct**, **Elsevier**: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 203 p. 277-297, 2004.

BERTOLDO, E.; PAISANI, J. C.; OLIVEIRA, P. E. de. Registro de Floresta Ombrófila Mista nas regiões sudoeste e sul do Estado do Paraná, Brasil, durante o Pleistoceno/Holoceno. **Hoehnea**, v. 41, n. 1, p. 1-8, 1 tab., 5 fig., 2014.

BOLDRINI, I. I.; EGGERS, L.; MENTZ, L. A.; MIOTTO, S. T. S.; MATZENBACHER, N. I.; LONGHWAGNER, H. M.; TREVISAN, R.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B. Flora. In: BOLDRNI, I. (Org.). **Biodiversidade dos Campos do Planalto das Araucárias**. Brasília: Gráfica Diplomata, 2009.

BRADLEY, R. S. Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary**.** **International Geophysics Series**, n. 64, 1999.

BRAGA, H. J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o estado de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11 e Reunião

Latino-Americana de Agrometeorologia, 2. Florianópolis, SC. **Anais** [...], Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia SBA, 1999. CD-ROM.

BRANDT, M. Paisagens caboclas no oeste de Santa Catarina: colonização e rupturas. **Oeste de Santa Catarina: território, ambiente e paisagem**. São Carlos: Pedro & João Editores, Chapecó, UFFS, 2015. p. 11.

BUFFON, E. A. M.; BINDA, A. L. Eventos de Estiagem no Município de Abelardo Luz-SC no Período de 1960 a 1999. **Revista de Geografia** (UFPE), v. 30, n. 2, 2013.

BURKART, A. Leguminosas – Mimosoídeas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p. 1-324, 1979.

CALEGARi, M. R. **Ocorrência e significado paleoambiental de horizonte A Húmico em Latossolos.** 259p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) — Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, Piracicaba, 2008.

CANCELLI, R. **Rodrigues. Evolução Paleoambiental da Planície Costeira Sul-Catarinense (Lagoa do Sombrio) durante o Holoceno, com base em dados palinológicos**. 2012. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências) — Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CARVALHO, Ismar de Souza. **Paleontologia**. 2. Rio de Janeiro, ed. Interciência, 2011.

CECCHET, F. A. **Análise de fitólitos aplicada a reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) na superfície incompletamente aplainada VI – Campo Erê (SC) no Pleistoceno Tardio**. 100p. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Programa de Pós-Graduação em Geografia, UNIOESTE, Francisco Beltrão, 2015.

CORNELL, R. M.; SCHWERTMANN, U. **The Iron Oxides**: Structure, Properties, Reactions, Occurrence and Uses. Weinheim: VCH, 1996. 573p.

EIDT, I. L. K. **Paisagens, Paleoambientes e Ocupações Humanas do Final do Quaternário**: palinologia de depósitos aluviais no oeste de Santa Catarina. 2019. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, UNOCHAPECÓ, Chapecó, 2019.

FAEGRI, K; IVERSEN, J. **Textbook of pollen analysis**. Nova Iorque: Hafner Press, 1975.

FELIPE, P. L. L.; CECCHET, F. A.; CALEGARI, M. R.; PESSENDA, L. C. R. Análise isotópica (δ 13C) de um Cambissolo Húmico em Aberlardo Luz-SC. **Boletim Geografia de Maringá**, v. 33, número especial, p. 150-163, 2015.

FRANCHI, J. G.; SÍGOLO Í, J. B.; MOTTA, J. F. M. Diagnóstico das turfas no Brasil: histórico da utilização, classificação, geologia e dados econômicos. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 36, p. 179-190, 2006.

FUCHKS-ECKERT, H. P. Isoetáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, p. 1-42, 1986.

FUJITA, R. H.; PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E. Compartimentação fluviomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Chapecó, primeira aproximação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, 2017.

GADENS-MARCON, G. T.; GERRA-SOMMER, M.; MENDONÇA-FILHO, J. G.; CARVALHO, M. de A.; HARTMANN, L. A. Holocene Environmental Climatic Changes Based on Palynofacies and Organic Geochemical Analyses from an Inland Pond at Altitude in Southern Brazil. **Scientific Research American Journal of Climate Change**, 2014, 3, 95-117.

GIBBARD, P. L.; HEAD, M. J.; WALKER, M. J. C. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. **Journal of Quaternary Science**, v. 25 p. 96-102, 2010.

GRAEFF, A. **Reconstrução Paleoambiental do Meio-Oeste de Santa Catarina, Brasil**. Dissertação (Mestrado Ciências Ambientais) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2023.

IRGANG, B. E. 1973. **O gênero Eryngium L. (Umbelliferae) no Rio Grande do Sul**. 1973. 1 v. Dissertação (Mestrado em Botânica) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1973.

IRIONDO, M. Climatic changes in the South American plains: Records of continent-scale oscillations. **Quaternary International**, n.t 57/58. p. 93-112, 1999.

JESKE-PIERUSCHKA; V.; FIDELIS, A.; BERGAMIN, R. S.; VÉLEZ, E.; BEHLING, H. Araucaria forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and modern pollen data. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 2010.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J.C. et al. (eds.). **Pedologia** – Fundamentos gerais, Viçosa: SBCS, 2012. p. 205-302.

KLEIN, R. M. **Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina**. Herbário "Barbosa Rodrigues" , Itajaí, 1978.

LABOURIAU, M. L. S. **História Ecológica da Terra**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1994.

LEONHARDT, A., LORSCHEITTER, M.L. The last 25,000 years in the Eastern Plateau of Southern Brazil according to Alpes de São Francisco de Paula record. **J. S. Am. Earth Sci**., n 29, p. 454–463, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.09.003. Acesso em: 05/11/2023

LIMA, G. L. **Estratigrafia e Palinologia e Depósitos Turfosos e Alúvio-coluviais Quaternários no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e Planalto de São bento do Sul, Santa Catarina**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia) — Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LIMA, G. L.; OLIVEIRA, M. A. T.; TUROLLO, D.S. Análise Palinológica e Estratigráfica de uma turfeira na Serra do Espigão – Lebon Régis (SC). **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia**, ano 31, n. 69, p. 48, jun. 2016.

LIMA, J. G. G.; PONTELLI, M. ELIZ; MATOS, A. C. L. dos Santos. Caracterização de perfis longitudinais de rios aplicada ao estudo da influência morfoestrutural e morfotectônica no relevo do setor central do Planalto das Araucárias – Sul do Brasil. **RA'EGA**, Curitiba , v. 57, p. 23-45, ago. 2023. ISSN 2177-2738 versão online. DOI: 10.5380/raega.v57i0.87422. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/raega. Acesso em: 03/01/2023

LOPES-PAISANI, S. D.; PAISANI, J. C.; OSTERRIETH, M. L.; PONTELLI, M. E. Significado paleoambiental de fitólitos em registro pedoestratigraáfico de paleocabeceira de drenagem – Superfície de Palmas – Água Doce (Sul do Brasil). **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 35, n. 3, p. 426-442, 2016.

MACEDO, R. B. **Análise Palinológica de um Testemunho Holocênico em Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geociências) — Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p 69-78, jan./jun. 2001.

MOURA, J. R. S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (ed.). **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. Rev. ed. New Windsor: Munsell Color, 1994.

NASCIMENTO, C. R.; GALLO, V. **Mega Fauna Brasileira**. Editora Com-Ciência, Rio de Janeiro, 2020.

OLIVEIRA, M. A. T de.; PESSENDA, L. C. R.; BEHLING, H.; LIMA, G. de L.; FERREIRA, G. M. dos S. S. Registro de Mudanças Ambientais Pleistocênicas e Holocênicas em Depósitos de Cabeceira de Vale: Campo Alegre, Planalto Norte

Catarinense (SC). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 3, p. 474-487, set. 2006.

OROMBELLI G.; M. V.; DELMONTE, B. Quaternary stratigraphy and ice cores. **Quaternary International,** n 219, p. 55-65, 2010.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná / NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências**, v. 27, n. 4, p. 541-553, 2008.

PAISANI, J. C.; Lopes Paisani, S. D.; Osterrieth, M. L.; Pontelli, M. E.; Fujita, R. H.. Dinâmica de rampa de colúvio na Superfície de Palmas/Água Doce durante o Quaternário Tardio- bases para compreender a evolução das encostas no Planalto das Araucárias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v 18, n 4, p. 783-799, 2017. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1247. Acesso em: 02/12/2023.

PAISANI, J. C.; CALEGARI, M. R.; PONTELLI, M. E.; PESSENDA, L. C. R.; CÔRREA, A. C. B.; PAISANI, S. D. L.; RAITZ, E. O papel das mudanças climáticas do quaternário superior na dinâmica evolutiva de paleovale de segunda ordem (sul do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**., v 14, p. 103-116, 2013. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/413. Acesso em: 02/12/2023.

PAISANI, J. C., PONTELLI, M. E., CALEGARI, M. R. Evolução de bacias de baixa ordem nos 41.000 anos AP – Brasil Meridional. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 26, p. 131-148, set./dez. 2012.

PAISANI, J. C.; Pontelli, M. E.; Corrêa, A. C. B.; Rodrigues, R. A. R. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols – a basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **J. S. Am. Earth Sci**., v 48, p. 1-12, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.07.011. Acesso em: 02/12/2023.

PAISANI, J. C.; SANTOS, L. J. C.; GOUDARD, G.; GOULART, A. A.; BIFFI, V. H. R. Subtropical Araucarias Plateau. In: SALGADO, A. A.; SANTOS, L. J. C.; PAISANI, J. C. (Eds.). **Physical Geographic of Brazil**. Switzerland, AG: Springer, 2019b. p. 21-39.

PAISANI, J. C.; LOPES-PAISANI S. D.; LIMA, S.; RIBEIRO, F. de J.; PONTELLI, M. E.; FUJITA, R. H. Paleoenvironmental dynamics of low-order paleovalleys in the Late Quaternary – Palmas/Caçador Summit Surface – Southern Brazil. **Catena**, v. 182, 2019, doi 104171. ISSN 0341-8162. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104171. Acesso em:

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; MANFREDINI, L; RIBEIRO, F. J.; LIMA, S. Identificação de superfícies geomorfológicas entre Abelardo Luz (SC) e Erechim (RS) – Bases para compreender a evolução do relevo no vale do rio Uruguai, sul do Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v. 10, n. 4, p. 48-54, 2014.

PARDI, M. I.; SMITH, F. A. Paleoecology in an Era Of Climate Change: how the past can provide insights into the future. **Paleontology in Ecology and Conservation**, 2012.

PELUSO JÚNIOR, V. A. O Relevo do Território Catarinense. **Geosul**, v. 2, n. 2, p. 62, 1986.

PERIN, E. B.; PRIMAM, G. L. de L.; OLIVEIRA, M. A. de. Palinologia de turfas do alto do Arroio Cará, Coxilha Rica, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, p. 265-277, jul./set. 2021.

PIRAQUIVE-BERMÚDEZ, D.; BEHLING, H.; ZOLITSCHKA, B.; GIESECKE, Ts. Late Quaternary Araucaria forest and Campos (grasslands) vegetation dynamics inferred from a high-resolution pollen record from Lagoa Dourada in southern Brazil. **Quaternary Science Reviews**, doi 108685, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108685. Acessado em: 03/06/2024.

PONTELLI, M. E.; MANFREDINI, L.; OLIVEIRA, D. R. M. de; CAVAZINI, A. J. Natureza da cobertura superficial ao longo de patamares dissecados entre Serra da Fartura (Abelardo Luz/SC) – Planalto das Araucárias: primeira aproximação. **Revista Equador** (UFPI), Edição Especial XVI, v. 4, n. 3, 2015. SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Teresina- Piauí. Disponível em: http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador. Acesso em: 05/05/2024

PROESC. **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina - Projeto Oeste de Santa Catarina**. Organizado por Marcos A. de Freitas, Bráulio R. Caye e José L. F. Machado. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGR, 2002.

ROTH, L.; LORSCHEITTER, M. L. Palinology of a bog in Parque Nacional de Aparados da Serra, East Plateau of Rio Grande do Sul. **Quaternary of South America and Antartic Península**, n. 8, 1990.

ROUBIK, D. W.; MORENO, J. E. **Pollen and Spores of Barro Colorado**. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1991.

RUBIRA, F. G; FILHO, A. P. Evolução das bases teóricas e metodológicas para identificação das mudanças, oscilações e pulsações climáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 4, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v22i4.1895. Acesso em: 02/02/2024

SALGADO-LABORIAU, M. L. **Critérios e técnicas para o Quaternário**. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

SALGADO-LABORIAU, M. L. **História Ecológica da Terra**. São Paulo: Editora Blucher, 1994.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aeromorfo Cruzeiro, 1986.

SCHEIBE, L. F. A Geologia de Santa Catarina-Sinopse Provisória. **Geosul**, n.1, 1986.

SCHNEIDER, P. T. B. **Análise Paleopalinológica de Sedimentos do Quaternário Sul-Catarinense**. 2012. 80 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) — Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Biociências e Universidade Estadual

do Rio Grande do Sul. Curso de Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha e Costeira, Imbé/Cidreira, 2012.

SILVA, M. Paleossolos e Estudos Ambientais Quaternários: Discussão Teórica e Possibilidades de Aplicação (Paleosoils and Quaternary Environmental Studies: Theoretical Discussion and Possible Application). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4. N. 1. **DOI:** https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232666. 2011. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/232666. Acessado em: 03/03/2024.

SOBRAL, M.; JARENKOV, J. A. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. Porto Alegre: Novo Ambiente, 2006.

SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S.; OLIVEIRA, P. E. de. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. 382p. il. 2005.

STRAHLER, A. N**. Geografia Fisica**. Barcelona: Omega, 1974. 767p.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2010.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário E Mudanças Ambientais**. São Paulo: Paulo's Comunicações e Artes Gráficas, 1999. 362p.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. Editora: Blucher, São Paulo, 2003.

THOMAS, M. F.; NOTT, J.; PRICE, D. M. Late Quaternary stream sedimentation in the humid tropics: a review with new data from NE Queensland, Australia. **Geomorphology**, n. 39, p. 53-6, 2001.

WALKER, M. J. C; Berkelhammer, M.; Björck, S.; Cwynar, L. C.; Fisher, D. A.; Long, A. J.; Lowe, J.J.; Newnham, R. M.; Rasmussen, S. O.; Weiss, H.. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a discussion paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International

Commission on Stratigraphy). **Journal of Quaternary Science**, v. 27. p. 649-659, 2012.

WALKER, M.; GIBBARD, P.; HEAD, M. J.; BERKELHAMMER, M.; BJÖRCK, S.; CHENG, H.; CWYNAR, L. C.; FISHER, D.; GKINIS, V.; LONG, A.; LOWE, J.; NEWNHAM, R., RASMUSSEN, S. O.; WEISS, H. Formal Subdivision of the Holocene Series/Epoch: a summary. **Journal Geological Society of India**, v. 93, p.135-14, feb. 2019,

WALKER, M.; HEAD, M. J.; LOWE, J.; BERKELHAMME, M.; BJÖRCK, S.; CHENG, H.; CWYNAR, L. C.; FISHER, D.; GKINIS, V.; LONG, A.; NEWNHAM, R.; RASMUSSEN, S. O.; WEISS, H. Subdividing the Holocene Series/Epoch: formalisation of Stages/Ages and Subseries/Subepochs, and designation of GSSPs and Auxiliary Stratotypes. **Journal of Quaternary Science**, v. 34, n. 3. P. 173-186, 2019