

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
***CAMPUS* CHAPECÓ**  
**CURSO DE GEOGRAFIA**

**GUILHERME LUIZ GIRARDI**

**DIFERENCIAÇÃO DOS GRÃOS DE PÓLEN DA FAMÍLIA POACEAE ENTRE  
ESPÉCIES CAMPESTRES E FLORESTAIS E SEU METABOLISMO: FLORESTA  
NACIONAL DE CHAPECÓ, SC, BRASIL**

**CHAPECÓ**

**2023**

**GUILHERME LUIZ GIRARDI**

**DIFERENCIAÇÃO DOS GRÃOS DE PÓLEN DA FAMÍLIA POACEAE ENTRE  
ESPÉCIES CAMPESTRES E FLORESTAIS E SEU METABOLISMO: FLORESTA  
NACIONAL DE CHAPECÓ, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geografia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título Licenciado em Geografia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gisele Leite de Lima Primam

**CHAPECÓ  
2023**

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Girardi, Guilherme Luiz      DIFERENCIAÇÃO DOS GRÃOS DE  
PÓLEN DA FAMÍLIA POACEAE  
ENTRE ESPÉCIES CAMPESTRES E FLORESTAIS E SEU  
METABOLISMO: FLORESTA NACIONAL DE CHAPECÓ, SC, BRASIL /  
Guilherme Luiz Girardi. -- 2023.  
26 f.:il.

Orientadora: Doutora em Geografia Gisele Leite de  
Lima Primam

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Licenciatura  
em Geografia, Chapecó, SC, 2023.

1. Grãos de pólen. 2. Poaceae. 3. Campos. 4.  
Florestas. I. Primam, Gisele Leite de Lima, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados  
fornecidos pelo(a) autor(a).


**GUILHERME LUIZ GIRARDI**

**DIFERENCIAÇÃO DOS GRÃOS DE PÓLEN DA FAMÍLIA POACEAE ENTRE  
ESPÉCIES CAMPESTRES E FLORESTAIS E SEU METABOLISMO:  
FLORESTA NACIONAL DE CHAPECÓ, SC, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Geografia da Universidade Federal da  
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para  
obtenção do título de Licenciado em Geografia.


Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 19/07/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 GISELE LEITE DE LIMA PRIMAM  
Data: 19/07/2023 13:23:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gisele Leite de Lima Primam – UFFS (Chapecó)**  
**Orientadora**

Documento assinado digitalmente  
 JEFFERSON NUNES RADAESKI  
Data: 19/07/2023 14:21:39-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Me. Jefferson Nunes Radaeski – UNOCHAPECÓ (Chapecó)**  
**Avaliador**

Documento assinado digitalmente  
 PEDRO GERMANO DOS SANTOS MURARA  
Data: 19/07/2023 13:25:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Pedro Germano dos Santos Murara – UFFS (Erechim)**  
**Avaliador**

Dedico este trabalho a mim mesmo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Gisele Leite de Lima Primam pela aula maravilhosa de Biogeografia, que me encantou, e me proporcionou a escrever este estudo. Ao Jefferson Nunes Radaeski por ensinar a ler as lâminas com os grãos de pólen. Aos meus amigos(as) e colegas que me acompanharam durante essa jornada de quatro anos e meio, em especial Danielle Soave, Laiz Eduarda Schneider, Micheli Cechin e Veridiany Lopes. A UFFS por ofertar o curso de Geografia e todos os programas do qual participei como PIBID, PRP e iniciação científica. A todos os professores que me acompanharam durante este período.

Olhem de novo para o ponto. É ali. É a nossa casa. Somos nós. Nesse ponto, todos aqueles que amamos, que conhecemos, de quem já ouvimos falar, todos os seres humanos que já existiram, vivem ou viveram as suas vidas. Toda a nossa mistura de alegria e sofrimento, todas as inúmeras religiões, ideologias e doutrinas econômicas, todos os caçadores e saqueadores, heróis e covardes, criadores e destruidores de civilizações, reis e camponeses, jovens casais apaixonados, pais e mães, todas as crianças, todos os inventores e exploradores, professores de moral, políticos corruptos, “superastros”, “líderes supremos”, todos os santos e pecadores da história da nossa espécie, ali – num grão de poeira suspenso num raio de sol (SAGAN, 1994, não paginado).

## RESUMO

A Palinologia estuda os grãos pólen produzidos pelas plantas superiores e esporos das criptógamas, para a análise do ambiente por meio da paleopalinologia. Grãos de pólen da família Poaceae encontrados em sedimentos são considerados indicadores de Campos, mas há espécies dessa família que são de Florestas. Os grãos de pólen da família Poaceae têm características morfológicas uniformes, sendo esferoidal e monoporado. O objetivo deste trabalho foi diferenciar palinomorfos da família Poaceae em tipos de vegetação campestre e florestal. Assim como, seu metabolismo a partir do tamanho dos grãos de pólen. O método consiste em mensurar o diâmetro (D) dos grãos de pólen da família Poaceae em seu eixo maior sob microscopia óptica. Com base nas medidas, os grãos de pólen foram categorizados em Poaceae – herbáceas de Campo, Poaceae – arbóreas de Florestas (Bambuseae) e herbáceas e arbóreas (indeterminada). Quanto ao tipo de metabolismos, também foram categorizados, sendo tipo C3 e tipo C3/C4 (indeterminado). Foi possível separar os palinomorfos da família Poaceae pelo tamanho dos grãos de pólen em um perfil palinológico já estudado, o qual apresenta três fases ambientais. A primeira fase (22.690 ± 80 anos AP a 16.669 anos AP) a maior porcentagem polínica foi de herbáceas de Campo (52% - amostra 13) e Indeterminados (87% - amostra 3). Assim como, baixa porcentagem polínica de tipos polínicos florestais (3%) e exclusivas C3. A segunda fase (16669 anos AP a 10952 anos AP) destacam-se até 50% Poaceae – herbáceas de Campo, aumento para até 27% de Poaceae – arbóreas de Florestas e uma diminuição dos grãos de pólen de Poaceae classificadas como Indeterminada – herbáceas e arbóreas. Já o metabolismo, em média próximo a 20% são classificadas como C3. Na terceira fase a porcentagem de Poaceae – herbáceas de Campo foi de 16,7% a 40%, Poaceae – arbóreas de Florestas apresentam aumento chegando a 73%, com média de 55% e Indeterminada – herbáceas e arbóreas variaram de 0% a 37%. Quanto ao metabolismo em média 60% são classificadas como C3. Por fim, é um método viável e aplicável para não superestimar os Campos em diagramas palinológicos, colaborando para uma descrição paleoambiental mais assertiva.

Palavras-chave: Paleovegetação; Palinologia; Gramíneas; Campos; Florestas.



## ABSTRACT

Palynology studies the pollen grains produced by higher plants and spores of cryptogams, for the analysis of the environment through paleopalynology. Pollen grains from the Poaceae family found in sediments are considered indicators of e Campos, but there are species of this family that are from Forests. The pollen grains of the Poaceae family have uniform morphological characteristics, being spheroidal and monoporous. The objective of this work was to differentiate palynomorphs of the Poaceae family in grassland and forest vegetation types. As well as, its metabolism from the size of pollen grains. The method consists of measuring the diameter (D) of pollen grains of the Poaceae family in its major axis under optical microscopy. Based on the measurements, the pollen grains were categorized into Poaceae – herbaceous grasslands, Poaceae – arboreal forests (Bambuseae) and herbaceous grassland and arboreal forest (indeterminate). As for the type of metabolism, they were also categorized, being type C3 and type C3/C4 (indeterminate). It was possible to separate the palynomorphs of the Poaceae family by the size of the pollen grains in a previously studied palynological profile, which presents three environmental phases. In the first phase (22,690 ± 80 years BP to 16,669 years BP) the highest pollen percentage was of Campo herbaceous (52% - sample 13) and Indeterminate (87% - sample 3). As well as, low pollen percentage of forest pollen types (3%) and exclusive C3. The second phase (16669 yr BP to 10952 yr BP) featured up to 50% of Poaceae – Grassland herbaceous, an increase to up to 27% of Poaceae – arboreal forests and a decrease in pollen grains of Poaceae classified as Indeterminate – herbaceous grassland and arboreal forest. Already the metabolism, on average close to 20% are classified as C3. In the third phase, the percentage of Poaceae – herbaceous grasslands ranged from 16.7% to 40%, Poaceae – arboreal forests increased to 73%, with an average of 55% and Indeterminate – grassland and arboreal forest ranged from 0% to 37%. As for the metabolism, on average 60% are classified as C3. Finally, it is a viable and applicable method for not overestimating the Fields in palynological diagrams, contributing to a more assertive paleoenvironmental description.

Keywords: Paleovegetation; Palynology; Grasses; Grasslands; Forests.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Mapa de localização da FLONA de Chapecó.	12
Figura 02 – <i>Bromus catharticus</i> , Cachoeirinha, RS (A); <i>Guadua trinii</i> Gravataí, RS (B); Comparação de tamanho de grãos de pólen de <i>Bromus catharticus</i> (esquerda) e <i>Guadua trinii</i> (direita) (C).	15
Figura 03 – Diagrama polínico de porcentagem.	21
Figura 04 – Variação do tamanho dos grãos de pólen.	22

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 BIOGEOGRAFIA.....</b>	<b>13</b>
2.1 PALINOLOGIA DE QUATERNÁRIO.....	15
2.2 METABOLISMO.....	18
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>19</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>24</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Biogeografia se ocupa da distribuição da vida na superfície terrestre. Troppeir (2012) define a Biogeografia como o estudo das “interações, a organização e os processos espaciais do presente e do passado dando ênfase aos seres vivos.” O estudo desta ciência está sempre localizado no espaço e no tempo. Para tanto, o recorte temporal deste estudo abrange o período Quaternário, que engloba os últimos 2,58 milhões de anos (Ma) (GIBBARD et al., 2010). Quanto à espacialização da região de estudo, a mesma situa-se na Floresta Nacional de Chapecó (FLONA de Chapecó), que pode ser observada na Figura 01.

A FLONA de Chapecó é uma Unidade de Conservação, fundada em 1968, com área de 1.604,35 hectares. A vegetação da área é caracterizada por remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, e plantios homogêneos de araucárias, pinus e eucalipto. Nas proximidades encontra-se um mosaico de formações florestais naturais fragmentadas (ICMBio, 2013).

Na FLONA de Chapecó há várias áreas úmidas, das quais de uma extraiu-se uma coluna estratigráfica para análise palinológica (EIDT, 2019). Os diagramas palinológicos atuais, como os do passado do sul do Brasil, sugerem a presença de uma vegetação em mosaico campo-floresta (BEHLING, 1995, BEHLING et al., 2004). Os Campos do sul do Brasil têm como principais famílias botânicas Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Cyperaceae e Rubiaceae, além de outras que estão presentes em quantidade menores (BOLDRINI, 2009). Grãos de pólen de Poaceae encontrados em sedimentos são considerados indicadores da vegetação de Campo, mas há espécies dessa família que são de florestas. No entanto, existe uma dificuldade em separar em níveis hierárquicos menores: gênero e espécie em virtude da morfologia polínica uniforme entre diferentes espécies da família.

A vegetação do planalto meridional é composta por uma vegetação em mosaico campo-floresta. Os Campos são caracterizados pelas gramíneas, grupo dominante, que só no Rio Grande do Sul é representado por 450 espécies, ou seja, uma alta diversidade de espécies (BOLDRINI, 2009).

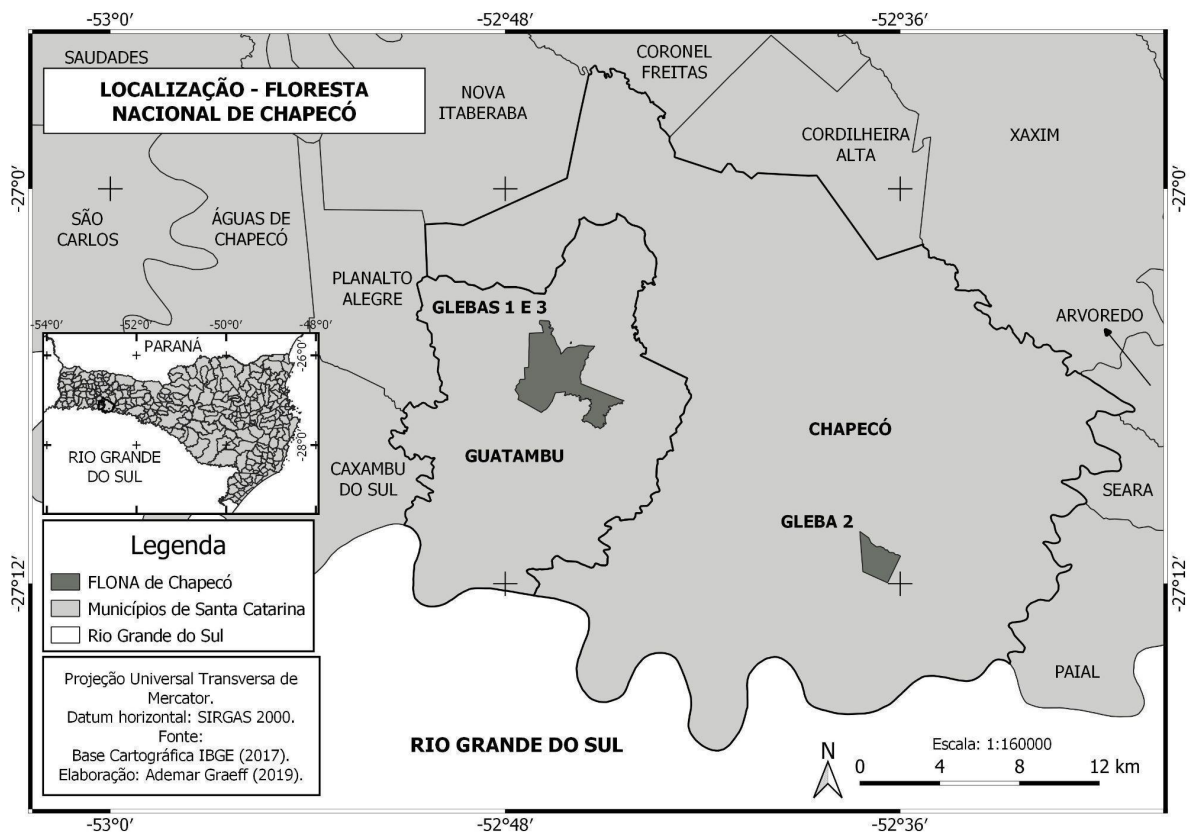
Nos registros palinológicos do sul do Brasil, os grãos de pólen de Campos são representados em sua maioria pela família Poaceae, conforme estudos de Behling (1995), Behling et al (2004), Lima (2010) Lima, Oliveira e Turollo (2016), Eidt (2019) e Perin (2019), Graeff (2023). A maioria das investigações deixam a família Poaceae como táxon dominante, sem distinguir em nível de subfamília, gênero ou espécie. Durante as análises palinológicas percebe-se diferenças no tamanho do grão de pólen de Poaceae, mas até agora

não se tinha um método conveniente para realizar essa análise com mais agilidade (SCHULER e BEHLING, 2011).

Neste sentido apesar da quantidade de grãos de pólen dessa família que é possível visualizar nos estudos supracitados, por eles terem características uniformes como relata Salgado-Labouriau (1973), sendo esferoidal e monoporado, a principal justificativa para realização deste trabalho é descrever melhor os Campos do oeste catarinense através da Palinologia.

Radaeski (2015) demonstrou que os grãos de pólen dessa família podem ser diferenciados por seu tamanho. Portanto, o objetivo deste trabalho foi aplicar a metodologia desenvolvida por Radaeski (2015) para o testemunho palinológico analisado da FLONA de Chapecó por Eidt (2019) e diferenciar as espécies da família Poaceae em campestre e florestal e seu metabolismo a partir do tamanho dos grãos de pólen, presentes em diferentes níveis estratigráficos.

Figura 01 - Mapa de localização da FLONA de Chapecó.



Fonte: GRAEFF et al. (2019).

## 2 BIOGEOGRAFIA

Brown e Lomolino (2006), definem a biogeografia como:

Ciência que se preocupa em documentar e compreender modelos espaciais e biodiversidade. É o estudo da distribuição dos organismos, tanto no passado quanto no presente, e dos padrões de variação ocorridos na Terra, relacionados à quantidade e aos tipos de seres vivos (BROWN e LOMOLINO, 2006, p. 3).

A Biogeografia é um amplo campo de investigação científica. Existem vários subcampos de investigação desta ciência, conforme cita Troppmair (2012), a zoogeografia que foca nos estudos de animais, a fitogeografia que estuda as plantas, a biogeografia insular e outras mais, conforme o objeto de estudo pretendido. O estudo aqui proposto se enquadra na subdivisão Biogeografia Histórica, em seu subnível, fitogeografia histórica ou dentro da Biogeografia Fisionômica que pode ser usada para responder questões como: A vegetação era arbórea ou herbácea? Densa ou aberta?

A Palinologia, de acordo com Salgado-Labouriau (2006), “é o estudo dos grãos de pólen, produzidos pelas plantas superiores, e dos esporos das criptógamas. Hoje em dia, ela inclui também outros materiais biológicos que podem ser estudados com as técnicas palinológicas.” A Palinologia é usada como ferramenta pela Biogeografia para a análise do ambiente. A Palinologia pode ser dividida em Actuopalynologia, Melissopalynologia, Polinose, Palinologia forense e Paleopalynologia (PLÁ et al. 2006).

A Paleopalynologia se ocupa de estudar os palinómorfs, principalmente grãos de pólen e esporos fósseis, além de outros, encontrados em diferentes locais, como solo, sedimentos e rochas sedimentares. É possível reconstruir o meio ambiente identificando mudanças na vegetação pelos tipos de grãos de pólen, esporos e microalgas encontrados nos materiais analisados, fazer inferências sobre o paleoclima de determinadas localidades pelas espécies, gêneros ou famílias de plantas detectadas. Isso pode ser dito conhecendo as necessidades fisiológicas das plantas que deram origem a tais palinómorfs (SALGADO-LABOURIAU, 2006; TROPPEMAIR, 2012)

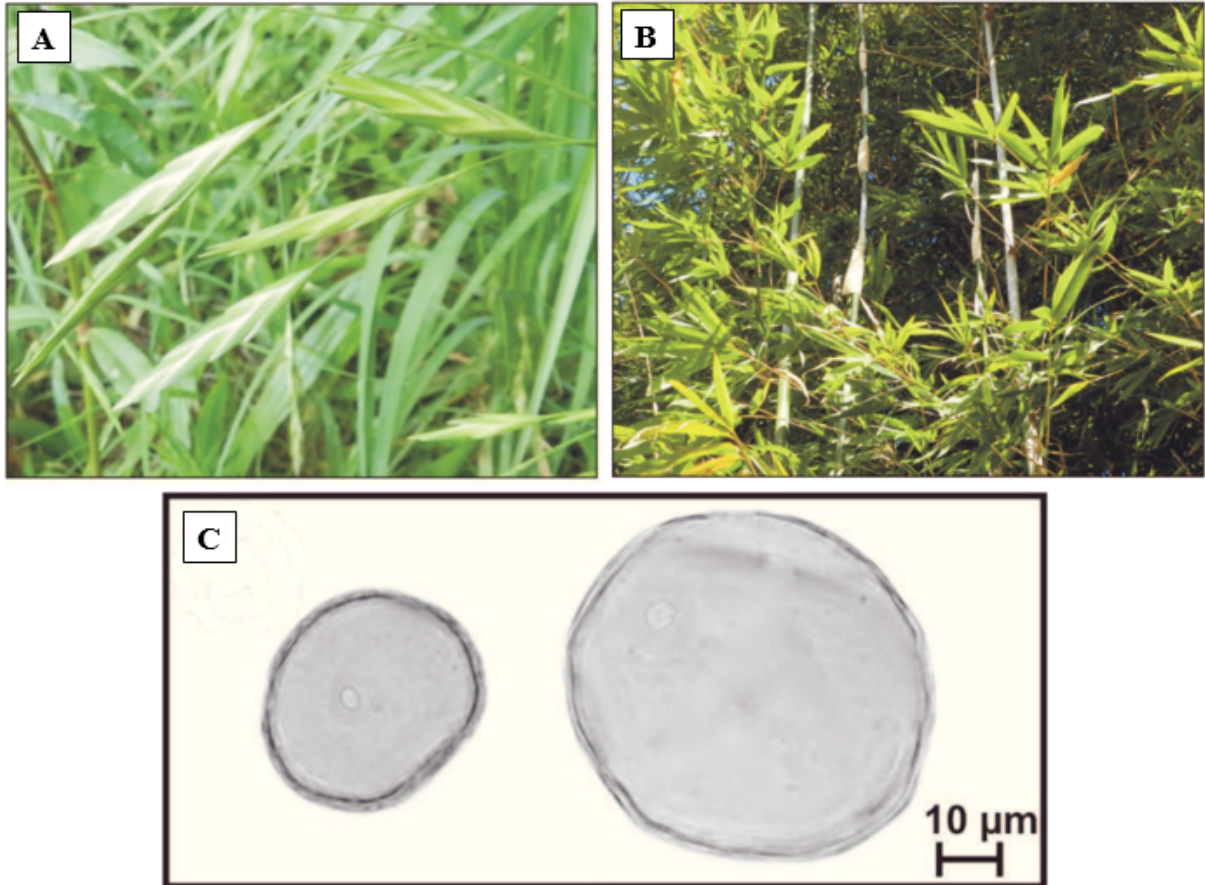
Os grãos de pólen são produzidos e liberados pelas flores para a reprodução, é a parte masculina. São classificados em seis categorias de tamanho, de muito pequeno a gigante. Podem ser dispersos individuais ou em conjunto. Quanto ao tipo de abertura, podem apresentar: colpo, colporo, poro, sulco e inaperturado. Sua parte externa, a exina, pode ser

ornamentada de diversas formas como, equinada, estriada, granulada, microequinada, psilada e outras (DETTKE et al., 2020)

Uma planta, ao florescer, produz enorme quantidade de grãos de pólen. A polinização pode ocorrer por meio de insetos, pelo vento ou pela água. Quando é por meio de insetos a quantidade de grãos que se dispersa na atmosfera é pequena, podem ser encontrados com menos frequência nos diagramas polínicos, já pelo vento a quantidade de grãos de pólen na atmosfera é mais abundante. Pela água entre as plantas aquáticas, e pela chuva quando cai, arrastando os grãos de pólen já que eles atuam como núcleos de condensação (SALGADO-LABOURIAU, 1961; 2006).

Os grãos de pólen da família Poaceae são circulares, apresentam superfície psilada e são monoporados. Espécies da família Poaceae são consideradas anemófilas, os grãos de pólen são dispersos pelo vento (SALGADO-LABOURIAU 1973; RADAESKI e BAUERMANN, 2016). Na figura 02 pode ser observada duas espécies vegetais pertencentes à família Poaceae e seus respectivos grãos de pólen. A *Bromus catharticus* é uma espécie presente em formações vegetais abertas, já a *Guadua trinii* é localizada em vegetação florestal.

Figura 02: *Bromus catharticus*, Cachoeirinha, RS (A); *Guadua trinii* Gravataí, RS (B); Comparação de tamanho de grãos de pólen de *Bromus catharticus* (esquerda) e *Guadua trinii* (direita) (C)



Fonte: RADAESKI e BAUERMANN (2016) (adaptado).

## 2.1 PALINOLOGIA DE QUATERNÁRIO

A Palinologia de Quaternário estuda os depósitos sedimentares formados nos últimos 2,58 milhões de anos (GIBBARD et al., 2010). Palinólogos quaternaristas estudam a distribuição e ocorrência das plantas ao longo do Quaternário, sendo fundamental para compreender, os padrões da vegetação e os processos de mudança climática e ambiental durante este período. Um dos principais métodos de estudo é o uso de amostras de sedimentos. Turfeiras são alguns dos locais mais propícios para estes estudos, pois ainda que resistentes, os palinomorfos são sensíveis a ambiente oxidante (LIMA, 2010). As amostras de sedimentos são estudadas usando técnicas de microscopia para determinar as espécies vegetais presentes. (SALGADO-LABOURIAU, 2006).



Os estudos de Palinologia de Quaternário realizados em Santa Catarina concentram-se na porção leste do estado em sua maioria, no entanto nos últimos anos, a partir de 2016, tem avançado para o interior. Evidencia-se a seguir quatro estudos de Palinologia de Quaternário.

Behling (1995) no testemunho da Serra do rio do Rastro a porcentagem de Poaceae permanecem quase que constantes em todo o testemunho, exceto na superfície onde há uma redução delas e observa-se um aumento da Floresta com Araucária, em especial pela *Araucaria angustifolia*, que indica um clima muito úmido. No testemunho do Morro da Igreja a relação entre diminuição de Poaceae e aumento da *Araucaria angustifolia* também é observado.

Na fase 3 do testemunho do Morro da Igreja há um aumento considerável de Poaceae, isso caracteriza um campo limpo. Esta condição é dada pelo clima frio que fez com que os Campos avançassem a uma altitude de 1.800 metros. (BEHLING, 1995).

Lima (2010) com seus estudos realizados no Planalto de São Bento do Sul também colaborou com a Palinologia de Quaternário e a reconstrução paleoambiental de Santa Catarina. Nesta região foram descritos três testemunhos: uma turfeira de tributário do rio Turvo, Campo Alegre; Salto do Engenho; e Vale Nordeste.

A turfeira de Campo Alegre está dividida em quatro fases ambientais e no diagrama polínico de soma é possível observar que no início da fase 3 começa a redução dos Campos e a expansão da Floresta e com o início da fase 4 em 6.300 anos AP, isso fica mais evidente.

No Salto do Engenho a seção está dividida em duas fases, uma anterior a 34.500 anos AP e a outra entre 34.500 e 27.800 anos AP. A primeira fase 95% da vegetação é de Campo, contando com 50% de Poaceae, sugerindo clima frio e úmido. Na segunda fase não são encontrados grãos de pólen florestais, diferente da primeira que se encontra por volta de 5%, indicando um clima mais frio.

Registros palinológicos da seção Vale Nordeste apresentam duas fases distintas: a primeira de 15.000 anos AP a 11.850 anos AP, com vegetação de Campos, composta pelas famílias Poaceae, Asteraceae e Cyperaceae; A segunda fase de 11.850 anos AP a 11.370 anos AP, na qual tem-se o início da expansão da Floresta com indicação de um clima mais úmido e quente.

Eidt (2019) contribuiu com a descrição paleoambiental mais a oeste em Santa Catarina, na Floresta Nacional de Chapecó. Os resultados por ele apresentados dão conta de

que a formação vegetal se dá em forma de mosaico campo-floresta. Desde o final da terceira fase, antes de 5.950 anos AP, das cinco estabelecidas, um mosaico de Floresta-Campo desenvolveu-se com um aumento progressivo da Floresta com Araucária, relacionado com o aumento da temperatura e da umidade média.

Graeff (2023), sugere as Florestas ocorrendo no formato de mosaico com os Campos. Na reconstrução paleoambiental, os Campos são favorecidos pelo clima seco e frio do final do Pleistoceno, já as Florestas avançaram sobre os Campos quando da maior umidade e aquecimento ocorrido no Holoceno.

O testemunho analisado na Floresta Nacional de Caçador (FLONA de Caçador) teve sua base datada em 15.910 ±80 (idade não calibrada), sendo ele dividido em quatro fases ambientais. Na primeira fase o que domina é a vegetação de campo seco, variando de 73,7% a 93,7%, com predomínio da família Poaceae. Na segunda fase, segue-se similar a primeira com evidência de incremento de umidade:

A subfase FCA IIB, período que vai do fim do Holoceno Inferior até meados do Holoceno Médio (ca. 9.419 - ca. 7.421), é marcada por um incremento da umidade na região. Nesse intervalo, a Floresta com Araucária apresentou as menores porcentagens de todo o testemunho sedimentar. Essa condição de maior umidade regional é sustentada pelo aumento da porcentagem do Campo Úmido, especialmente pelos valores máximos da família Cyperaceae, também pelo aumento de *Phaeoceros laevis* e pelo reaparecimento de *Pseudoschizaea*, *Zygnema* e *Debarya* nessa subfase (Graeff, 2023 p. 26).

Em direção ao final desta fase, há uma continuação da expansão das áreas de Campo úmido e também é identificado um incremento da temperatura, dado o aumento das porcentagens da Floresta com Araucária. Já as fases 3 e 4 são caracterizadas pela diminuição da umidade e incremento da temperatura e por uma pequena redução das porcentagens de Floresta com Araucária e Campo Úmido e um aumento do Campo Seco (GRAEFF, 2023)

Com mais estudos sendo realizados assim como o de Graeff (2023) que no período de 15.910±80 a 4.625±15 anos AP predominava vegetação campestre, similar ao encontrado por Edit (2019) na FLONA de Chapecó no mesmo período, pode-se fazer uma descrição paleoambiental cada vez mais robusta.

## 2.2 METABOLISMO

O metabolismo das Poaceae pode ser do tipo C3 ou C4. Espécies com metabolismo C3 tendem a áreas mais úmidas e frias. Já espécies com o tipo C4 mostram maior eficiência no uso da água em habitats mais áridos e quentes (SCHULER, BEHLING, 2010). Poaceae com grãos de pólen maiores correspondem ao metabolismo C3. Tamanhos de grãos de pólen menores apresentam uma sobreposição de amplitude entre espécies de metabolismo C3 e C4, não sendo possível distingui-los (RADAESKI, 2015).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos incluem levantamento e análise bibliográfica e análises laboratoriais. As amostras que foram analisadas neste estudo são as mesmas que foram examinadas por Eidt (2019) em sua dissertação de mestrado.

Para obter as amostras, foi coletado um testemunho sedimentar em uma planície de inundação na bacia do rio Tigre no interior da FLONA de Chapecó (EIDT, 2019). O testemunho sedimentar foi obtido usando o coletor russo acoplado a um trado holandês. A coluna estratigráfica atingiu 154 centímetros de profundidade. A partir desta coluna, foram coletadas amostras em intervalos de 8 cm, do topo em direção à base até atingir o limite a partir do qual o coletor russo não pôde mais coletar. Foram coletadas, processadas e analisadas 20 amostras. Essas amostras foram submetidas ao processo químico de acetólise descrito por Erdtman (1952), usual em estudos palinológicos, após essa etapa foram preparadas cinco lâminas por amostra em meio glicerinado (EIDT, 2019). Partindo desta coleção de lâminas foi elaborado o diagrama palinológico, constando-se a presença majoritária de grãos de pólen da família Poaceae (EIDT, 2019), mas a distinção entre espécies campestre e espécies florestais para esta família não foi realizada. Edit (2019), enviou três amostras para datação com Carbono quatorze (C-14).

Foi aplicado o método desenvolvido por Radaeski (2015) para diferenciar as espécies campestres e as espécies florestais da família Poaceae. O método consiste em mensurar o diâmetro (D) dos grãos de pólen da família Poaceae em seu eixo maior sob microscopia óptica com o aumento de 400x, posteriormente estas medidas foram convertidas para aumento de 1000x. Com base nas medidas, os grãos de pólen foram categorizados em grãos de pólen de Poaceae – herbáceas de Campo (<22; 36-45  $\mu\text{m}$ ), Poaceae – arbóreas de Florestas (>45  $\mu\text{m}$ ) e Indeterminada – herbáceas e arbóreas (23-35  $\mu\text{m}$ ). Quanto ao tipo de metabolismos, também foram categorizados, sendo tipo C3 (>45  $\mu\text{m}$ ) e tipo C3/C4 (<45  $\mu\text{m}$ ) (indeterminado).

Foram medidos 30 grãos de pólen da família Poaceae por amostra. Definiu-se 30 grãos de pólen com base nos trabalhos realizados por Schuler e Behling (2011); Jan, Schuler e Behling (2014). Para a apresentação dos resultados elaborou-se um diagrama de porcentagem, um box plot com a dispersão do tamanho dos grãos de pólen e a interpolação das datações com C-14, todos foram realizados com o auxílio dos softwares Tilia Graph e corel DRAW, PASS e Easy calculation respectivamente.

#### 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

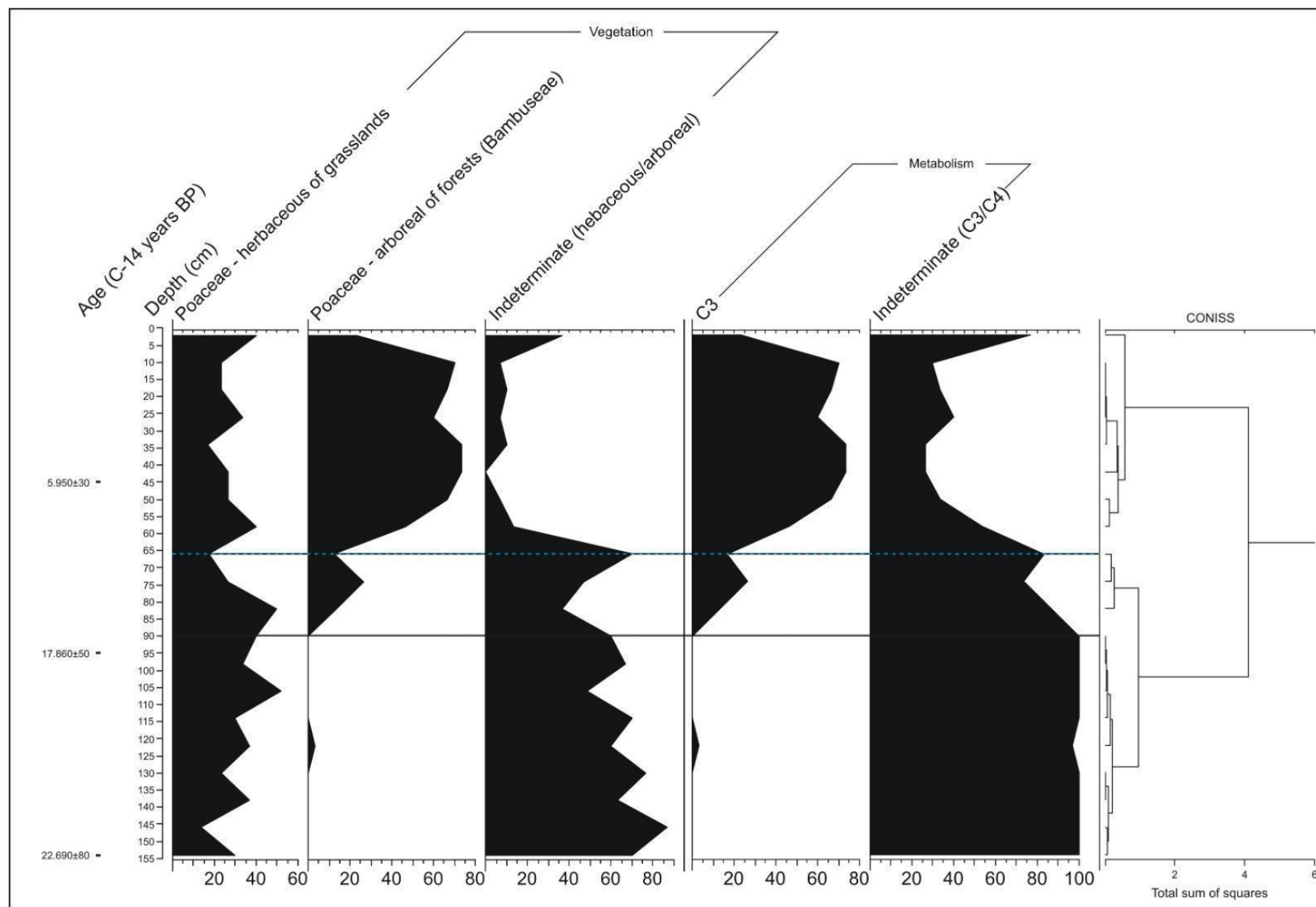
Três amostras foram datadas por radiocarbono. A primeira amostra, base do testemunho sedimentar, foi datada em  $22.690 \pm 80$  anos AP a uma profundidade de 154 cm. A segunda amostra foi datada em  $5.950 \pm 30$  anos AP a uma profundidade de 45 cm (EIDT, 2019). A terceira amostra encaminhada para datação foi a 95 cm de profundidade, atingindo idade de  $17860 \pm 50$  AP, não sendo apresentada na dissertação de Eidt (2019). Todas as idades não estão calibradas.

A partir do diagrama polínico de porcentagem (Figura 03) foi realizada análise por meio do software CONISS, que permitiu estabelecer três fases ambientais. A primeira fase compreende a base do testemunho a 154 cm de profundidade com idade de  $22.690 \pm 80$  anos AP até 90 cm de profundidade com idade de 16.669 anos AP. Ela caracterizada por apresentar Poaceae – herbáceas de Campo variado de 13,3% a 51,7%, Poaceae – arbóreas de Florestas somente na profundidade de 122 cm, com 3,3% e Indeterminada – herbáceas e arbóreas variaram de 60% a 86,7%, com oscilações durante o período, mas com tendência a diminuição. Quanto ao metabolismo, nesta fase, com exceção da amostra a profundidade de 122 cm com 3,3% sendo C3, as demais, 100% são indeterminadas (C3/C4).

A segunda fase compreende entre 90 cm e 66 cm de profundidade, com idade de 16.669 anos AP a 10.952 anos AP respectivamente. Destacam-se até 50% Poaceae – herbáceas de Campo, aumento para até 27% de Poaceae – arbóreas de Florestas e uma diminuição dos grãos de pólen de Poaceae classificadas como Indeterminada – herbáceas e arbóreas. Já o metabolismo, em média próximo a 20% são classificadas como C3, ou seja, Poaceae – arbóreas de Florestas, a diferença desta porcentagem pertence a classe Indeterminada – herbáceas e arbóreas.

A terceira fase inicia-se a 66 cm de profundidade, com idade de 10.952 anos AP até o presente. Caracteriza-se por apresentar Poaceae – herbáceas de Campo variado de 16,7% a 40%, Poaceae – arbóreas de Florestas apresentam aumento chegando a 73%, com média de 55% e Indeterminada – herbáceas e arbóreas variaram de 0% a 37%. Quanto ao metabolismo em média 60% são classificadas como C3. Nesta fase sobressai a amostra próxima a superfície diminuindo a classificação em Poaceae – arbóreas de Florestas e aumentando as Indeterminadas – herbáceas e arbóreas.

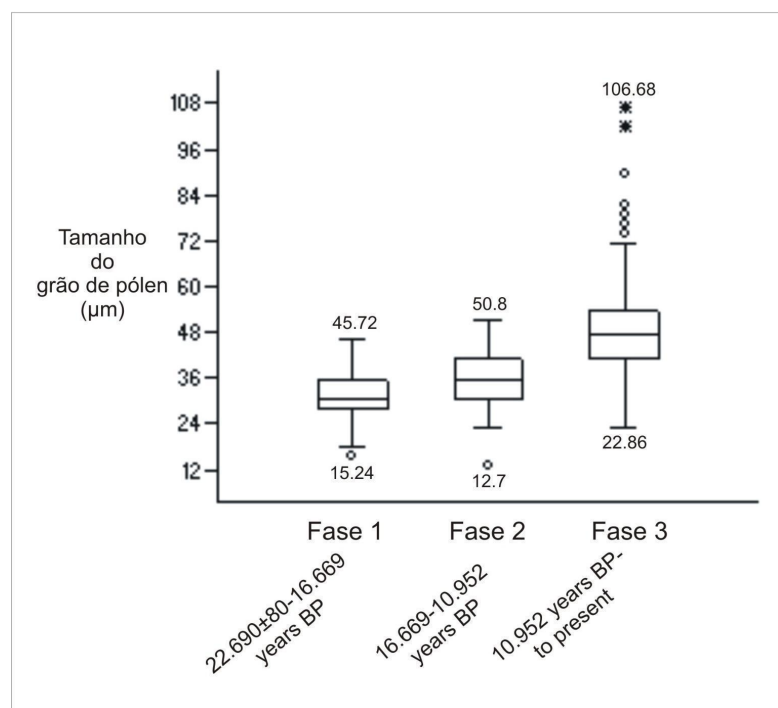
Figura 03: Diagrama polínico de porcentagem.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A variação do tamanho dos grãos de pólen encontrados por fase, podem ser visualizadas na figura 04. Na primeira fase os tamanhos dos grãos de pólen variaram entre 15,24  $\mu\text{m}$  e 45,72  $\mu\text{m}$ , com média de 31,06  $\mu\text{m}$ . Na segunda fase os tamanhos dos grãos de pólen variaram entre 12,7  $\mu\text{m}$  e 50,8  $\mu\text{m}$ , com média de 36,26  $\mu\text{m}$ . Na terceira e última fase os tamanhos dos grãos de pólen variaram entre 22,86  $\mu\text{m}$  e 106,68  $\mu\text{m}$ , com média de 48,14  $\mu\text{m}$ , cabendo destaque para os dois maiores 101,6  $\mu\text{m}$  e 106,68  $\mu\text{m}$  possivelmente correspondentes a pólen de milho (*Zea mays*).

Figura 04: Variação do tamanho dos grãos de pólen



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao observar-se predomínio das Poaceae – herbáceas de Campo em todo o testemunho, em sentido amplo, tem-se uma certa uniformidade apesar das oscilações, com tendência ao aumento no final da primeira fase e o oposto ocorre com as Poaceae Indeterminada – herbáceas e arbóreas. A segunda fase ambiental é caracterizada por uma fase de transição. Ambas as fases citadas estão situadas no Pleistoceno.

O que ocorre é o aumento das Poaceae – arbóreas de florestas e a diminuição das Poaceae classificadas como Indeterminada – herbáceas e arbóreas, principalmente quando inicia-se a terceira fase ambiental estando toda ela dentro do holoceno.

Schuler e Behling (2010), acreditam que a biodiversidade de Poaceae diminuiu durante a transição Pleistoceno-Holoceno. Essa condição é gerada devido às condições cada vez mais úmidas conforme decorre para o Holoceno com posteriormente expansão da floresta para as áreas campestres.

A terceira fase, está de acordo com os estudos de Schuler e Behling (2010), Schuler e Behling (2011) e Radaeski (2015), a floresta se expande no Holoceno (figura 03), aumentando Poaceae – arbóreas de Florestas e diminuindo consideravelmente as Poaceae Indeterminada – herbáceas e arbóreas.

Em relação ao metabolismo das espécies, Jan, Schuler e Behling (2014) dizem que espécies com metabolismo C4 estão relacionadas a climas mais secos e espécies com o metabolismo C3 ao clima úmido. Eidt (2019), também corrobora com as mudanças climáticas apontando outros gêneros e espécies indicadores de expansão de táxons florestais.

Eidt (2019) e Schuler e Behling (2010), também indicam diminuição de tipos polínicos florestais em amostras mais superficiais, diminuindo a quantidade de Poaceae – arbóreas de Florestas e aumentando as Indeterminadas – herbáceas e arbóreas. Segundo ambos, fruto do início e intensificação das atividades humanas e o processo de colonização do oeste catarinense e exploração madeireira, que pode ser visto (Figura 03) tanto na parte da vegetação como no metabolismo.

Os dois grãos de pólen maiores, 101,6  $\mu\text{m}$  a 2 cm de profundidade com datação atual e 106,68  $\mu\text{m}$  a 26 cm de profundidade com datação de 3.320 anos AP possivelmente correspondentes a pólen de milho (*Zea mays*). O milho não é uma gramínea nativa, chegou nesta região com a ocupação humana. Essa ocupação acontece pelos povos guaranis (COSTA, 2020; EIDT, 2019; NOELLI, 1999).



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível replicar o método elaborado por Radaeski (2015), os resultados são compatíveis com aqueles observados no diagrama de somas elaborado por Eidt (2019) nos grupos Campos e Florestas. É um método viável e aplicável para não superestimar os campos em diagramas palinológicos, colaborando para uma descrição paleoambiental mais assertiva.

O método poderia ser aplicado para as outras áreas que estão sendo estudadas no Planalto Meridional no estado de Santa Catarina, ou ainda em outras localidades. Para a Biogeografia isso é muito relevante, este trabalho contribui para resultados cada vez mais robustos. É um avanço para esta ciência.

## 7 REFERÊNCIAS

- BEHLING, H. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). **Vegetation History and Archeobotany**. vol. 4. pg. 127-152, 1995.
- BEHLING, H.; PILAR, V. D.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. 2004. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** **203**: 277-297.
- BOLDRINI, Ilsi Iob. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.D.P. et al. **Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. p. 63-77.
- BROWN, J. H. & LOMOLINO, M. V. 2006. **Biogeografia**. 2ª edição. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora. 691 p.
- COSTA, Flaviane Malaquias. **Padrões de dispersão e conservação da diversidade genética do milho (*Zea mays ssp. mays*) nas terras baixas da América do Sul**. Piracicaba, 2020. 126 p. Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- DETTKE, G. A.; MILANEZE-GUTIERRE, M. A.; SILVA, C. I.; RADAESKI, J. N.; BAUERMANN, S. G. **Diversidade polínica de plantas da floresta estacional semidecidual do Paraná**. Presidente Prudente: Gráfica CS, 2020.
- EIDT, Ivan Luís Kirchner. 2019. **Paisagens, paleoambientes e ocupações humanas do final do quaternário: palinologia de depósitos aluviais no oeste de Santa Catarina**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, SC. M. Sc. tese, 42 p
- ERDTMAN, G. 1952. **Pollen morphology and plant taxonomy-Angiosperms**. Almquist & Wiksell, Estocolmo.
- GRAEFF, Ademar. **Reconstituição paleoambiental do planalto do meio-oeste de Santa Catarina, Brasil**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, SC. M. Sc. tese, 56 p
- GRAEFF, Ademar; NAIBO, Gerson Junior; LIMA, Gisele Leite de; OTSUCHI, Cristina. Floresta Nacional de Chapecó (SC): Aproximações entre o trabalho de campo e o ensino de biogeografia. In: PINHEIRO, Lidriana de Souza; GORAYEB, Adryane (Orgs.). **Geografia Física e as Mudanças Globais**. Fortaleza: Editora UFC, 2019. p. 1-12.
- ICMBio. **PLANO DE MANEJO**. Volume I – Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2013.
- JAN, F.; SCHULER, L.; BEHLING, H. Trends of pollen grain size variation in C3 and C4 Poaceae species using pollen morphology for future assessment of grassland ecosystem dynamics. **Grana**, v.53, p.1-17, 2014.

- LIMA, G.L. 2010. **Estratigrafia e palinologia e depósitos turfosos e alúvio colúviais quaternários no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e Planalto de São Bento do Sul, Santa Catarina.** Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- LIMA, G. L.; OLIVEIRA, M. A. T.; TUROLLO, D. S. Análise palinológica e estratigráfica de uma turfeira na Serra do Espigão – Lebon Régis (SC). In: CISNEROS, J.C. (Ed.). **Paleontologia em Destaque: Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia.** Ano 31. n. 69, jun. 2016, p. 48. Disponível em: <https://sbpbrasil.org/publications/index.php/paleodest/issue/view/97/50> Acesso em: 20/12/2022.
- NOELLI, Francisco Silva. A ocupação humana na região sul do Brasil: arqueologia, debates e perspectivas 1872-2000. **Revista Usp**, São Paulo, n. 44, p.218-268, 1999.
- PLÁ, Marco Antônio et al. **Grãos de pólen: Usos e aplicações.** Canoas: ULBRA, 2006.
- PERIN, E. B. **Prados e Campinas: arqueologia, paleoambiente e fitogeografia do Arroio Cará.** 166 p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- RADAESKI, J.N. 2015. **Morfologia polínica de táxons de Poaceae do Rio Grande do Sul: uma abordagem para distinguir vegetações campestres e florestais no sul do Brasil.** São Gabriel, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pampa, 85 p.
- RADAESKI, Jefferson Nunes. e BAUERMAN, Soraia Girardi. Avaliação da produção polínica de *Bromus catharticus* Vahl e *Guadua trinitii* (Nees) Nees ex Rupr. (Poaceae) para a interpretação de dados fósseis. **Biotemas**, 29 (4): 9-18, dezembro de 2016.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. Palinologia: fundamentos, técnicas e algumas perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia.** v. 23 n. 4 (1961).
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1973. **Contribuição à palinologia dos cerrados.** Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 291 p.
- SALGADO-LABOURIAU, Maria Léa. **Critérios e técnicas para o Quaternário.** São Paulo; Edgard Blücher, 2006.
- SCHULER, L.; BEHLING, H. 2010. Characteristics of Poaceae pollen grains as a tool to assess palaeoecological grassland dynamics in South America. **Veget Hist Archaeobot** 20.
- SCHULER, L.; BEHLING, H. 2011. Poaceae pollen grain size as a tool to distinguish past grasslands in South America: a new methodological approach. **Veget. Hist. Archaeobot.** 20: 83- 96.
- TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente.** 9 ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012.