



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



**VICTORIA DIAS REIS**

**RECONSTRUÇÃO DA PAISAGEM DA SERRA DA CANASTRA A PARTIR DO  
ESTUDO PALINOLÓGICO DE UMA TURFEIRA DE ALTITUDE**

OURO PRETO

Agosto de 2025

**VICTORIA DIAS REIS**

**RECONSTRUÇÃO DA PAISAGEM DA SERRA DA  
CANASTRA A PARTIR DO ESTUDO PALINOLÓGICO DE  
UMA TURFEIRA DE ALTITUDE**

Monografia do Projeto Final de Curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Projeto Final de Curso – GEO 106, ano 2025/1.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raquel Franco Cassino

Ouro Preto

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R375r Reis, Victória Dias.  
Reconstrução da paisagem da Serra da Canastra a partir do estudo  
palinológico de uma turfeira de altitude. [manuscrito] / Victória Dias Reis.  
- 2025.  
84 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Raquel Franco Cassino.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola  
de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Paleoecologia. 2. Palinologia. 3. Paleontologia - Quaternário. 4.  
Canastra, Serra da (MG). I. Cassino, Raquel Franco. II. Universidade  
Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 56.02

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Victoria Dias Reis**

**Reconstrução da paisagem da Serra da Canastra a partir do estudo palinológico de uma turfeira de altitude**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de engenheira geóloga

Aprovada em 04 de setembro de 2025

### Membros da banca

Dra. Raquel Franco Cassino - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dra. Adivane Terezinha Costa - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dr. Cláudio Eduardo Lana - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Raquel Franco Cassino, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/09/2025



Documento assinado eletronicamente por **Raquel Franco Cassino, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/09/2025, às 15:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0974992** e o código CRC **57A22063**.

Dedico à minha mãe, Maria!

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer, a tudo e a todos que me ajudaram a caminhar a até quem sou hoje e quem eu ainda vou ser. Muito obrigada!

## RESUMO

A reconstrução paleoecológica através de grãos de pólen e esporos é possível devido a características morfológicas específicas desses palinórfos, o que permite diferenciar as espécies ou gêneros que os produziram. Os grãos de pólen e esporos que não chegaram ao seu destino final de reprodução da espécie podem ser depositados em ambientes sedimentares. Pela sua resistência à decomposição nesses ambientes, eles podem ser preservados e assim registrar a vegetação presente no momento da deposição. A partir deste registro palinológico, é possível reconstruir as características ecológicas daquela vegetação no passado. Neste trabalho, foi analisado o registro palinológico preservado em uma amostra sedimentar de uma turfeira da Serra da Canastra, localizada na região Sudoeste de Minas Gerais. A amostra sedimentar analisada provém da base de um testemunho sedimentar de 197 cm de profundidade que foi coletado em uma turfeira. A partir da identificação de famílias e/ou gêneros dos grãos de pólen e esporos da amostra, baseado na sua morfologia, foi possível reconstruir a vegetação representada pela assembleia polínica da amostra e compreender as características desta paisagem no passado e suas relações com a vegetação atual. Chegando a Formações Campestres e Cerrado. Através do levantamento das características geomorfológicas, pedológicas e da vegetação atuais da serra, buscou-se analisar e contextualizar as implicações da vegetação reconstituída para o passado, chegando também as mesmas fitofisionomias.

**Palavras-chave:** palinologia, paleoecologia, Quaternário, Serra da Canastra

## ABSTRACT

Paleoecological reconstruction through pollen grains and spores is possible due to specific morphological characteristics of these palynomorphs, which allow the differentiation of the species or genera that produced them. Pollen grains and spores that did not reach their final destination of species reproduction can be deposited in sedimentary environments. Because of their resistance to decomposition in these environments, they can be preserved and thus record the vegetation present at the time of deposition. From this palynological record, it is possible to reconstruct the ecological characteristics of that past vegetation. In this study, the palynological record preserved in a sediment sample from a peat bog in the Serra da Canastra, located in the southwestern region of Minas Gerais, was analyzed. The analyzed sediment sample comes from the base of a 197 cm deep sediment core collected in a peat bog. From the identification of families and/or genera of pollen grains and spores in the sample, based on their morphology, it was possible to reconstruct the vegetation represented by the pollen assemblage and to understand the characteristics of this past landscape and its relationships with the current vegetation, pointing to Grassland and Cerrado formations. Through the survey of the current geomorphological, pedological, and vegetation characteristics of the Serra, an attempt was made to analyze and contextualize the implications of the reconstituted vegetation for the past, also arriving at the same phytophysionomies.

**Keywords:** palynology, paleoecology, Quaternary, Serra da Canastra

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de abertura, número e posição mais comumente encontrados em grãos de pólen neotropicais .....	20
Figura 2 - Visão diagramática do grão de pólen típico na visão polar, acima, e vista equatorial .....	21
Figura 3 - Tipos de abertura, número e posição mais comumente encontrados em grãos de pólen neotropicais, .....	22
Figura 4 - Tipos de esculturas da sexina: as áreas mais altas estão a claro e as áreas mais baixas estão a escuro. ....	23
Figura 5 - Localização dos registros palinológicos estudados no Cerrado tendo destaque na imagem a Serra Negra, Salitre e a presente área de estudo localizada na Serra da Canastra .....	24
Figura 6 - Dados de porcentagem de pólen fóssil de táxons selecionados do Lago Serra Negra, Brasil .....	25
Figura 7 - Mapa de Localização do ponto de coleta de testemunho e área de estudo .....	27
Figura 8 - Geologia simplificada da região da serra da Canastra em Minas Gerais.....	28
Figura 9 - Modelo de ambiente de sedimentação para o Grupo Canastra.....	29
Figura 10 - Mapa das unidades de paisagem do Parque Nacional da Serra da Canastra – MG.....	31
Figura 11 - Estruturação vertical da paisagem do Parque Nacional da Serra da Canastra, segundo seção regional sudoeste-nordeste .....	15
Figura 12 - Mapa Pedológico do Parque Nacional Serra da Canastra .....	17
Figura 13- Mapa de Litologias do Parque Nacional Serra da Canastra .....	17
Figura 14 - Principais sub-bacias do Rio São Francisco, suas áreas de drenagem, proporções em relação à bacia e localização das estações fluviométricas estudadas .....	22
Figura 15 - Proporção da contribuição real dos principais afluentes para o Rio São Francisco, considerando- se os períodos de 1979 a 2000).....	23
Figura 16 - Precipitação média anual na Bacia do São Francisco, considerando-se os períodos de 1979 a 1999.....	24
Figura 17 - Mapa dos Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil.....	25
Figura 18 - Quadro das Formações dos tipos fitofisionômicos do Bioma cerrado e suas principais características .....	27
Figura 19 - Gráfico de temperatura em °C anual do município de São Roque de Minas em 2011. ....	29
Figura 20 - Gráfico de Precipitação em mm anual do município de São Roque de Minas em 2011 ....	30
Figura 21 - Mapa de Zonas Climáticas de Minas Gerais .....	31
Figura 22 - Estrutura do testemunhador e estágios operacionais para amostragem sedimentológica... ..	32
Figura 23 - Diagrama polínico indicando a quantidade de cada táxon da amostra CSPI_195.....	44
Figura 24 - Diagrama polínico indicando a concentração dos táxons na amostra CSPI_195 .....	44
Figura 25 - Principais fitofisionomias encontradas a partir da chave dicotômica.....	50
Figura 26 - 1A- Alga Debarya ; 2A - Esporo de Lycopodiella .....	61
Figura 27 - 3A- Mytaceae; 4A- Melastomataceae; 5A-Poaceae; 6A- Xyris.....	62
Figura 28 - 7A-Cyperaceae; 8A-Asteraceae;9A-Alcalypha; 10A -Alchornea; 11A-Ericaceae .....	63
Figura 29 - 12A- Hyptis; 13A-Amaranthaceae; 14A- Eryngium (Apiaceae); 15A-Arecaceae.....	64
Figura 30 - 16A-Celtis (Cannabaceae); 17- Weinmannia (Cunoniaceae)A- vista polar,B- vista equatorial; 18-Astronium (Anacardiaceae) A-vista equatorial,B-vista polar; 19A-Apiaceae.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação do tipo de solo, sua percentagem de distribuição, com sua respectiva vegetação do bioma Cerrado .....	16
Tabela 2 - Relação do Grupo - Formação -Litologias principais e os tipos de solos associados .....	18
Tabela 3 - Número de espécies endêmicas que ocorrem no Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, em relação ao número .....	26
Tabela 4 - Tabela relacionando os tipos de solos encontrados na região com o tipo fitofisionômico do cerrado e as características físicoquímicas do solo.....	46

## Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
Apresentação .....	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificativa:.....	16
1. Fundamentação teórica .....	18
1.1 Paleoclima global do Pleistoceno final e Holoceno .....	18
2.2 PALINOLOGIA .....	19
2.2.1 Estudo dos grãos de pólen e esporos .....	19
2.4 Estudos palinológicos próximos da Serra Canastra.....	23
2. ÁREA DE ESTUDO .....	27
3.1 Localização da área de estudo .....	27
3.2 Geologia da Serra da Canastra.....	27
3.2.1 Arcabouço Estrutural.....	27
3.2.2 Estratigrafia .....	28
3.2.3 Geomorfologia.....	29
3.2.4 Pedologia – Solos do Bioma Cerrado.....	15
3.2.5 Hidrologia.....	20
3.3 Vegetação .....	25
3.3.1. Principais tipos fitofisionômicos do Cerrado .....	27
3.4 Clima da área de estudo.....	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1. Coleta do testemunho sedimentar.....	31
4.2. Extração dos palinomorfos .....	33
4.3. Análise qualitativa e quantitativa .....	33
4.4. Tratamento e interpretação dos dados .....	34
4. RESULTADOS e discussão .....	34
5.1. ANÁLISE QUALITATIVA - IDENTIFICAÇÃO DOS PALINOMORFOS .....	34
Análise morfológica dos grãos de pólen.....	34
Descrição dos Palinomorfos .....	34
5.2. ANÁLISE QUANTITATIVA.....	43
5.3. discussão: interpretação paleoecológica.....	45
5.3.1 Pedologia e Geologia.....	46

5.3.2	Chave de identificação dos tipos fitofisionômicos do Cerrado .....	47
5.2.3	Correlação com estudos da Serra Negra e Salitre.....	51
5.2.4	Correlação com os atuais táxons .....	52
5.	CONCLUSÃO.....	53

# 1. INTRODUÇÃO

## APRESENTAÇÃO

As glaciações terrestres representam períodos de intenso resfriamento climático, nos quais grandes áreas do planeta, inclusive fora das regiões polares e regiões de altas altitudes foram cobertas por gelo. Desde o final do Oligoceno (cerca de 35 milhões de anos atrás), iniciou-se uma glaciação significativa na Antártida, seguida por episódios glaciais em regiões montanhosas ao longo do Mioceno, Plioceno e início do Pleistoceno. O Hemisfério Sul registrou atividade glacial contínua desde o Neógeno, enquanto o Hemisfério Norte intensificou seus episódios a partir do final do Plioceno. Durante os últimos 2,6 milhões de anos (o período Quaternário), ocorreram oscilações climáticas importantes, com destaque para os últimos 800 mil anos, nos quais as glaciações se tornaram mais intensas, especialmente no Hemisfério Norte. A partir de 1,2 milhão de anos atrás, os ciclos glaciais passaram a ser dominados por uma periodicidade de 100 mil anos, determinada pelos ciclos de Milankovitch, permitindo o desenvolvimento de grandes mantos de gelo continentais. As evidências geológicas e isotópicas indicam que pelo menos 20 episódios glaciais relevantes ocorreram durante o Quaternário (Scott *et al.*, 2013). Embora tenha havido glaciações anteriores, os registros mais evidentes se referem aos períodos mais recentes, como o Último Máximo Glacial (MIS (Marine Isotope Stage) 2) e eventos anteriores como o MIS 4, 6, 10, 12, 16 e 22. No período Holoceno (11.700 anos ao presente) após uma última glaciação pleistocênica, inicia-se um período na qual se estabeleceu um clima mais quente que perdura até a atualidade. Além da mudança climática global, o Quaternário tardio foi marcado por variações atmosféricas que impactaram a paisagem e a vegetação do globo terrestre. Como uma dessas paisagens vegetacionais afetadas na América do Sul é encontrado a região do bioma Cerrado (Meyer *et al.*, 2014).

Uma das ferramentas utilizadas para estudar a evolução climática do Quaternário é a paleopalinologia, que se constitui na identificação de táxons de palinóforos (grãos de pólen, esporos e outros), a partir da qual é possível realizar uma reconstituição paleoambiental e paleoclimática. A análise polínica é uma técnica central na paleoecologia, utilizada para reconstruir a vegetação e o clima do passado a partir de grãos de pólen e esporos preservados em sedimentos. O processo tem início com a produção desses elementos durante o ciclo reprodutivo das plantas, seguido por sua dispersão e deposição em ambientes como lagos, turfeiras e solos. Devido à resistência da exina, estrutura externa do grão composta por esporopolenina, o pólen pode ser preservado por longos períodos. Após a coleta de amostras

sedimentares, os grãos são extraídos por tratamento químico em laboratório, identificados ao microscópio com base em características morfológicas. Os dados obtidos são convertidos em diagramas de pólen que permitem inferências sobre a composição da vegetação e variações climáticas ao longo do tempo (Mender *et al.*, 2018).

Neste trabalho, foram analisadas amostra de um testemunho de turfeira da Serra da Canastra, situada no sudoeste do estado de Minas Gerais, a fim de compreender e reconstituir a paleovegetação e o paleoclima desta região através de análises palinológicas. Esse estudo tem como princípio a identificação e quantificação de palinomorfos provenientes do sedimento, para uma amostragem comparativa da paleovegetação desta serra inserida no Bioma Cerrado em Minas Gerais

## 1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral reconstituir a vegetação de uma turfeira da Serra da Canastra, Minas Gerais, focando nos estágios iniciais de desenvolvimento da turfeira. Para tanto, serão realizadas análises palinológicas em uma amostra da base de um testemunho coletado na turfeira.

### 1.2.1 Objetivos específicos

-Determinar os táxons presentes na vegetação da turfeira e do seu entorno durante os estágios iniciais de desenvolvimento da turfeira.

-Investigar quais tipos de fitofisionomias do Bioma Cerrado estavam presentes e relacioná-los a fatores geológicos e pedológicos.

- Relacionar os táxons vegetais observados com as espécies presentes atualmente na turfeira e no seu entorno.

## 1.3. JUSTIFICATIVA:

A Serra da Canastra possui uma vegetação de campos rupestres e turfeiras que possuem uma composição florística única. Este trabalho pode ajudar a entender a história desta vegetação única e gerar subsídios para a conservação e manejo destes ecossistemas no futuro.

A Serra da Canastra, é constituída de maneira geral por chapadas (relevo de altitude), e vales encaixados (relevo mais baixo). E devido a essa característica de ser um Relevo de altitude se caracteriza como uma área sensível a mudanças climáticas que afetam de forma mais

visível. Portanto, as informações paleoecológicas obtidas em uma turfeira da Serra da Canastra vão provavelmente mostrar de forma mais evidente as influências de eventos climáticos.

Além desse fato não existem estudos paleoecológicos nesta região, portanto, existe uma lacuna a ser preenchida para o entendimento dos sistemas climáticos e das rotas migratórias de espécies vegetais ao longo do Quaternário.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 PALEOCLIMA GLOBAL DO PLEISTOCENO FINAL E HOLOCENO

Durante o Pleistoceno final, o planeta passou por profundas oscilações climáticas, marcadas por alternância entre períodos glaciais e interglaciais que tiveram efeitos dramáticos nos ecossistemas terrestres e marinhos. O final desse período geológico coincidiu com o auge da última glaciação, quando vastas áreas do Hemisfério Norte estavam cobertas por mantos de gelo, o nível do mar encontrava-se significativamente mais baixo do que hoje, e o clima era mais frio e seco em diversas regiões do globo, inclusive na América do Sul (Souza *et al.*, 2005). No Brasil, as condições climáticas eram muito diferentes das atuais, influenciando diretamente a vegetação, os regimes hidrológicos e os padrões de ocupação humana. O avanço e recuo das geleiras no Hemisfério Norte exerceram influência indireta sobre os trópicos, alterando os padrões de circulação atmosférica e, conseqüentemente, a distribuição da umidade (Souza *et al.*, *op. cit.*).

Com o término do Pleistoceno e a entrada no Holoceno, por volta de 11.700 anos atrás, houve uma transição abrupta para condições climáticas mais quentes e estáveis, permitindo a expansão de florestas tropicais e savanas, além do recuo das áreas áridas que haviam se expandido durante os períodos glaciais (Souza *et al.*, *op. cit.*). Esse novo regime climático favoreceu também o estabelecimento de comunidades humanas mais estáveis, o desenvolvimento da agricultura e o crescimento populacional (Souza *et al.*, *op. cit.*). Ao longo do Holoceno, o clima permaneceu relativamente ameno, embora marcado por oscilações regionais, como períodos de maior umidade ou seca prolongada, que deixaram registros claros em sedimentos, espeleotemas, núcleos de gelo e fitólitos analisados em diversas regiões do Brasil (Souza *et al.*, *op. cit.*).

No período conhecido como Ótimo Climático do Holoceno, especialmente entre 9.000 e 5.000 anos antes do presente, várias áreas experimentaram temperaturas médias superiores às atuais (Souza *et al.*, *op. cit.*). Essa fase foi seguida por um resfriamento gradual, que culminou em episódios como a Pequena Idade do Gelo, entre os séculos XIV e XIX, caracterizada por declínios térmicos perceptíveis mesmo nos trópicos (Souza *et al.*, *op. cit.*). Estudos com base em indicadores paleoambientais, como isótopos de carbono e análises palinológicas, têm sido essenciais para reconstruir essas mudanças e entender a interação entre clima, vegetação e ocupações humanas. O Brasil, com sua vasta diversidade de biomas, oferece registros excepcionais dessas variações, particularmente na Amazônia, no Cerrado e no litoral. Assim, a

análise do paleoclima no Pleistoceno final e Holoceno revela não apenas as transformações ambientais do passado, mas também fornece pistas valiosas sobre os impactos das mudanças climáticas em curso e futuras.

## 2.2 PALINOLOGIA

A Palinologia é a ciência responsável pelo estudo dos palinomorfos - como grãos de pólen de angiospermas e gimnospermas, esporos de pteridófitas e fungos, algas, dinoflagelados, palinoforaminíferos, acritarcos e partículas de carvão, entre outros. Esses microfósseis podem ser tanto fósseis quanto atuais (provenientes de amostras frescas ou de herbários), e são encontrados em diversas matrizes orgânicas ou inorgânicas que os preservam, como o ar, sedimentos e rochas sedimentares (Salgado-Labouriau, 2001; 1994; 1973; 1961).

### 2.2.1 Estudo dos grãos de pólen e esporos

Os grãos de pólen são estruturas que desempenham um papel crucial na reprodução das plantas fanerógamas, como as angiospermas e gimnospermas respectivamente, os polens carregam o material genético masculino, são produzidos nas anteras das flores (o órgão masculino da flor), o polén então é liberado e dispersado, geralmente pelo vento ou por um vetor animal, até o estigma (parte feminina da flor) da mesma espécie vegetal. Os esporos já são estruturas assexuadas de briófitas e pteridófitas. Esses polens e esporos são dispersos e transportados e acumulam-se em uma variedade de ambientes sedimentares, como lagos, ambiente fluviais, pântanos, turfeiras, solos, mares (Mender *et al.*, 2018).

A preservação desses polens e esporos em ambientes sedimentares se dá pela composição de sua camada externa: a exina, constituída de esporopolenina, única parte preservável desses grãos, o que permite a sua identificação através da sua morfologia, e a consequente sedimentação nesses ambientes e sua preservação viabilizam a um estudo evolutivo ecológico ao longo de camadas de sedimentos (consolidados ou inconsolidados) que permitem uma interpretação desses paleoambientes.

#### 2.2.1.1 Morfologia polínica

De acordo com Salgado-Labouriau (2001), a caracterização do grão de pólen é feita pelo tipo polínico de cada família com o nome da família/gênero da espécie que tenha as características morfológicas do grão observado, através da caracterização dos seguintes aspectos: forma, abertura, exina, a presença de ornamentos, medidas da vista polar e da vista equatorial.

A **configuração equatorial** dos grãos de pólen é determinada pela proporção entre o comprimento do eixo polar (P) e o eixo equatorial (E). Utiliza-se essa proporção P/E para classificar a morfologia dos grãos conforme na Figura 1

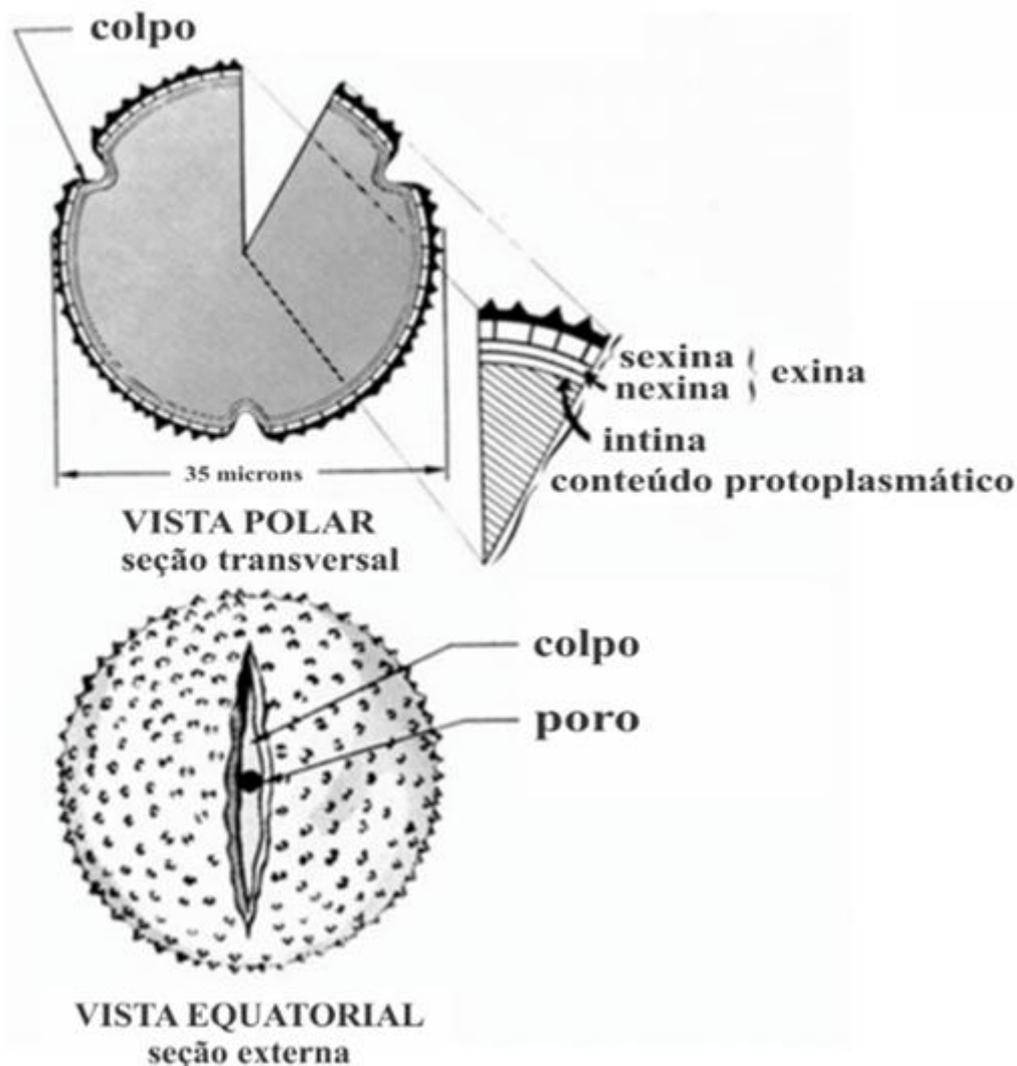
Figura 1 - Tipos de abertura, número e posição mais comumente encontrados em grãos de pólen neotropicais

CLASSES DE POLEM QUANTO À FORMA		
INTERVALO DE P/E	DENOMINAÇÃO	
0,50	Peroblato	
0,50-0,74	Oblato	
0,75-0,87	Suboblato	Subesferoidal
0,88-0,99	Oblato-esferoidal	
1,00	Esférico	
1,01-1,14	Prolato-esferoidal	
1,15-1,33	Subprolato	
1,34-2,00	Prolato	
2,00	Perprolato	

(Fonte: Salgado-Laboriau, 1971)

Os grãos de pólen apresentam uma parede celular formada por duas camadas distintas: a exina e a intina (Figura 2). A exina é constituída majoritariamente por esporopolenina, substância de elevada resistência química e biológica, além de conter pequenas quantidades de polissacarídeos. Em contraste, a intina é composta predominantemente por celulose. No processo de fossilização, apenas a esporopolenina tende a ser preservada, o que a torna um elemento essencial para a identificação dos palinórfos. Isso ocorre porque essa camada apresenta ornamentações morfológicas específicas, que desempenham um papel crucial na distinção taxonômica entre diferentes grupos vegetais (MOORE *et al.*, 1991).

Figura 2 - Visão diagramática do grão de pólen típico na visão polar, acima, e vista equatorial



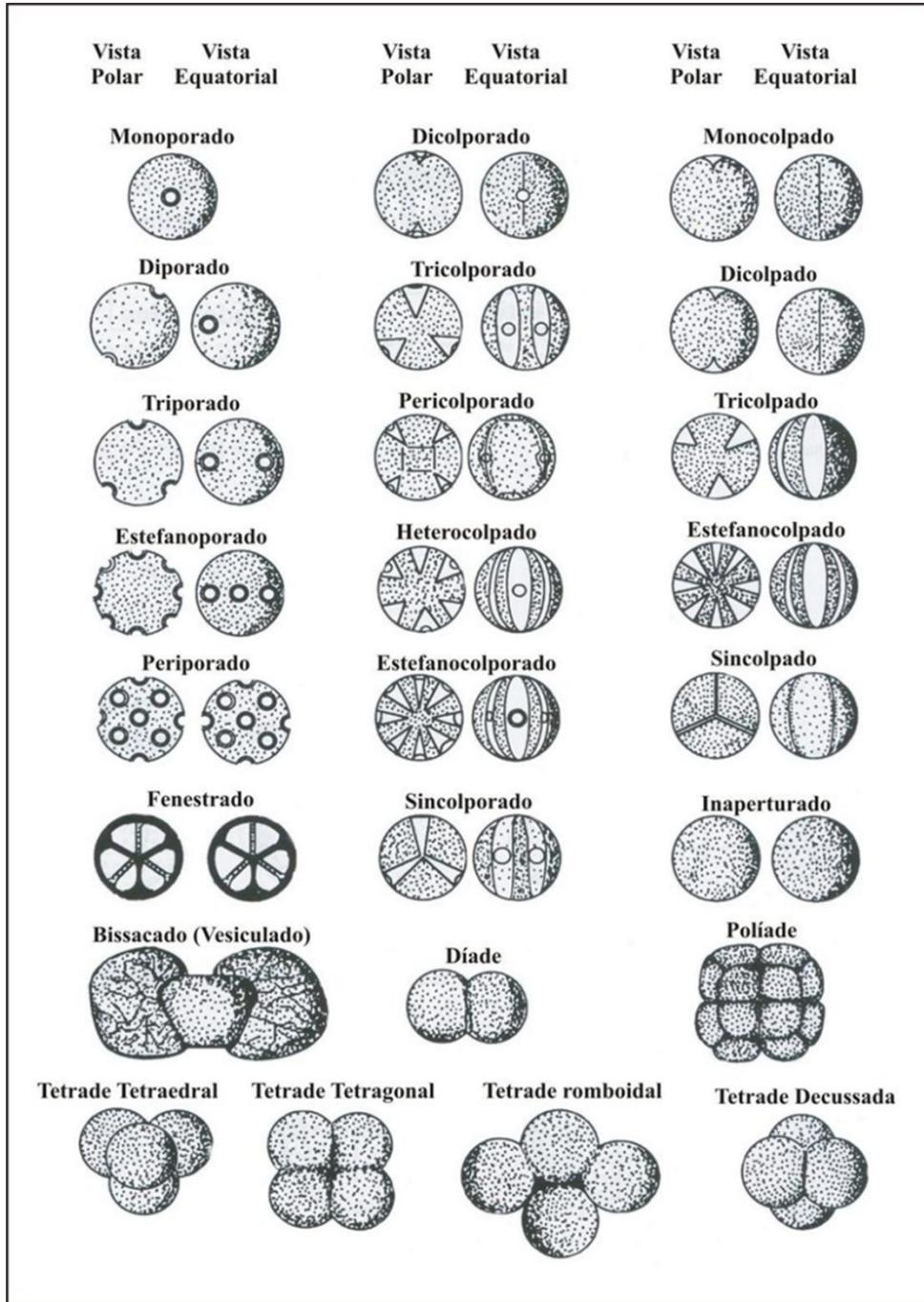
(modificado de Traverse 2007).

A estrutura da exina pode ser subdividida em duas regiões: a sexina, que corresponde à porção mais externa e ornamentada da parede, e a nexina, camada interna geralmente não ornamentada (DIAS, 2006). Essa diferenciação estrutural é relevante para análises morfológicas e taxonômicas no campo da Palinologia.

Além disso, conforme descrito por Moore *et al.* (1991), os grãos de pólen apresentam dois tipos principais de aberturas: poros e colpos, ambos localizados na exina (Figura 2.6). Os poros são aberturas arredondadas ou levemente alongadas, com margens suaves, enquanto os colpos consistem em aberturas alongadas com extremidades afiladas, sendo considerados morfológicamente mais antigos. A classificação dos grãos de pólen pode ser realizada com base nesses elementos: grãos que apresentam apenas poros são denominados porados; aqueles que

possuem exclusivamente colpos são classificados como colpados; e os que apresentam simultaneamente ambos os tipos de abertura são identificados como colpados.

Figura 3 - Tipos de abertura, número e posição mais comumente encontrados em grãos de pólen neotropicais,



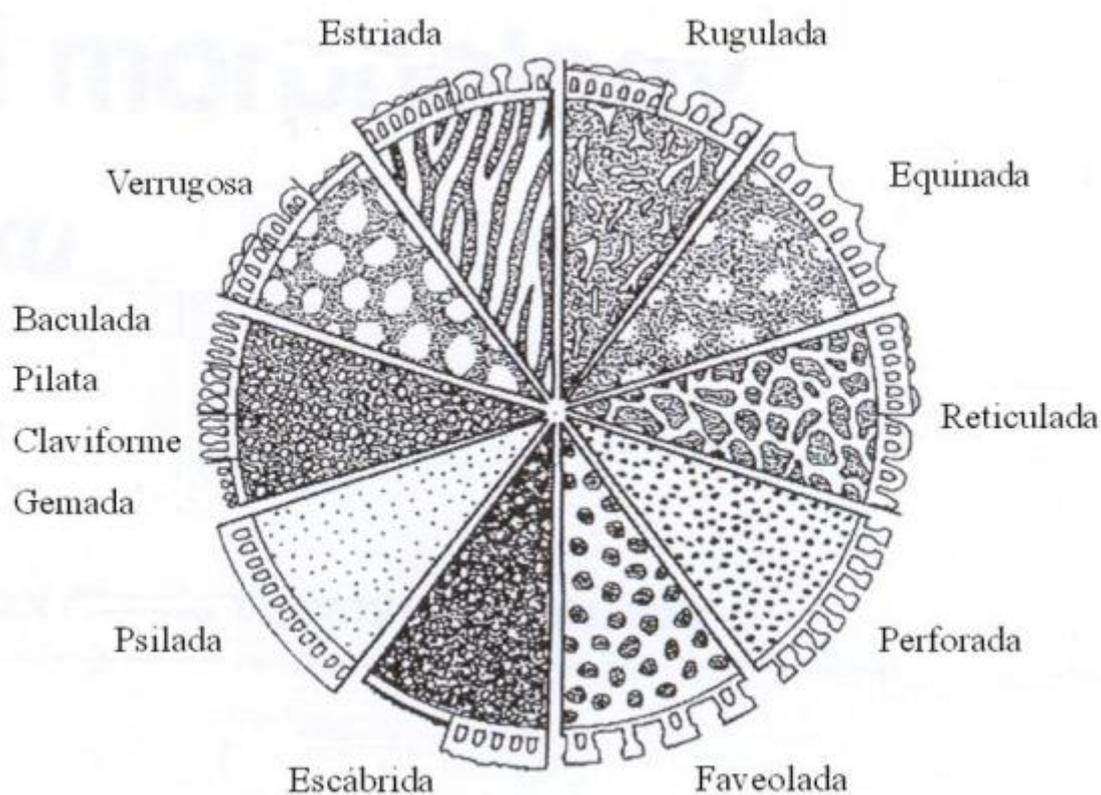
(modificado de Colinvaux *et al.*, 1999)

Os esporos não apresentam divisão entre sexina e nexina e, em sua maioria, não possuem aberturas. Aqueles que apresentam marcas de contato denominadas triletes e monolete

são resultado da separação dos esporos formados em tetrade. Quando não há a presença dessas cicatrizes, os esporos são classificados como aletes (Salgado-Laboriau, 2007).

A superfície dos grãos de pólen e dos esporos pode apresentar distintas ornamentações, como estrias, retículos, superfícies lisas, perfurações, espinhos, verrugas e pilas, entre outras variações (Figura 3). Grãos de pólen com ornamentações mais complexas geralmente estão associados à polinização entomófila. Em contraste, aqueles com superfície lisa ou menos ornamentada tendem a ser adaptados à dispersão anemófila ou hidrófila (Bauermann *et al.*, 2002).

Figura 4 - Tipos de esculturas da sexina: as áreas mais altas estão a claro e as áreas mais baixas estão a escuro.



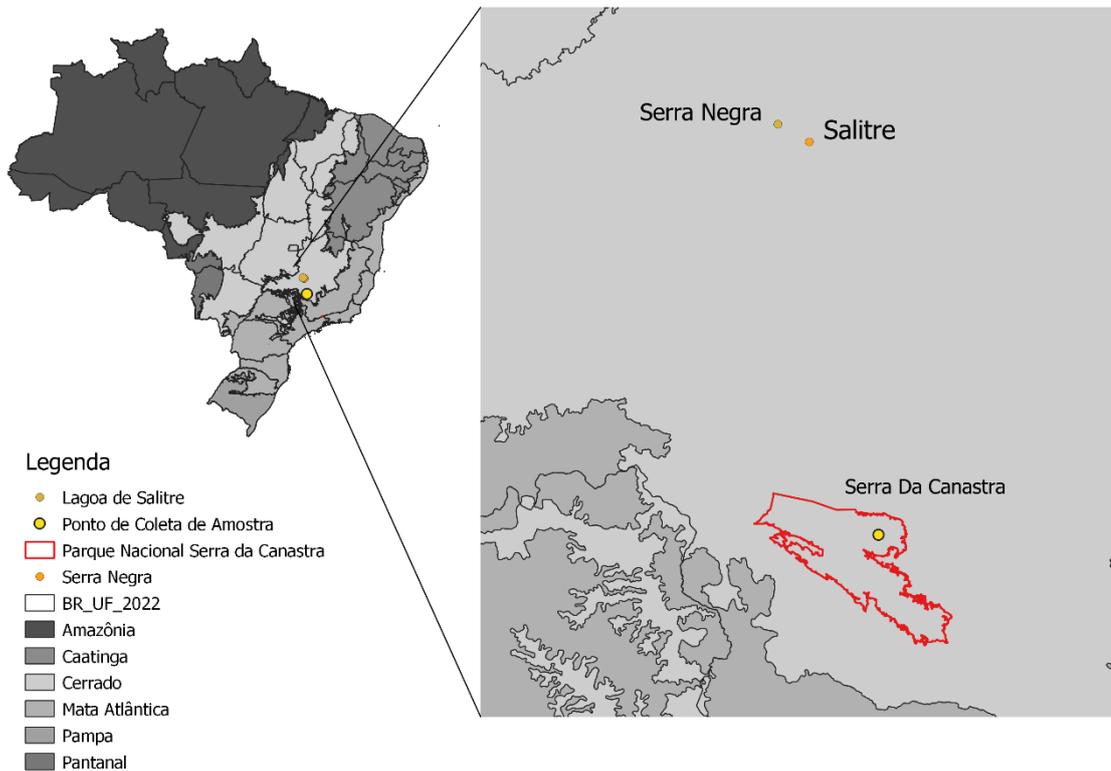
(Adaptado de FRENGUELLI *et al.*, 1991.)

#### 2.4 ESTUDOS PALINOLÓGICOS PRÓXIMOS DA SERRA CANASTRA

Até o momento, inexistem estudos palinológicos de cunho paleoecológico na Serra da Canastra. No entanto, dois registros palinológicos foram estudados em áreas de altitude próximas à serra e seus resultados, descritos a seguir, servirão como base comparativa para os dados obtidos neste trabalho. Trata-se dos trabalhos realizados na Lagoa de Serra Negra (De

Oliveira *et al.*, 2019) e a Turfeira de Salitre (Ledru,1993) localizados na Figura abaixo, juntamente com a localização de outros estudos palinológicos próximos.

Figura 5 - Localização dos registros palinológicos estudados no Cerrado tendo destaque na imagem a Serra Negra, Salitre e a presente área de estudo localizada na Serra da Canastra .



O registro da Lagoa de Serra Negra fornece uma longa história da vegetação do Cerrado, demonstrando que o cerrado respondeu fortemente a mudanças climáticas, mais especificamente ao clima glacial. De fato, o estudo palinológico de Serra Negra, datado de 90.000 anos, mostra grandes mudanças na distribuição de plantas ao longo de um ciclo glacial. O registro mostra oscilações de florestas semidecíduas, caracterizado por *Myrtaceae*, e altos valores de *Poaceae* e *Cyperaceae* (Oliveira *et al.*, 2019).



Além da região de Serra Negra, um dos estudos importantes para o entendimento da evolução do cerrado é a região de Salitre. Localizada há 400km leste de Belo Horizonte, Salitre é uma depressão que compreende 3.5km de largura, de altitude média 1000m situada em um terreno cretáceo ultramáfico-alcálico, na qual em seu centro, com 1km de largura são encontradas turfeiras de uma lagoa chamada Lagoa Campestre. A partir de estudos polínicos dos últimos 50.000 anos, mostra-se que a mudança climática do Pleistoceno tardio teve um marcante impacto na vegetação. A partir de 50.000 anos, a região foi marcada por um período frio e semiárido. Entre 45.000 e 33.000 anos, há um aumento gradual da umidade, inferido pela identificação dos táxons de vegetação semi-decídua (a floresta semidecídua do Brasil necessita para seu desenvolvimento uma estação seca de dois meses e temperaturas de inverno entre 10 e 15°C), *Celtis*, *Copaifera*, *Gallesia*, e *Myrtaceae*, além de alguns táxons tolerantes ao frio como *Drimys brasiliensis*, *Araucaria angustifolia* ou as samambaias *Cyathea*. Ao mesmo tempo com a redução do nível de água, levou ao desenvolvimento de plantas herbáceas, vegetação pantanosa dominante com *Poaceae*, *Cyperaceae* e *Typha*. A partir dos 17.000 anos há uma rápida sucessão de diferentes tipos de floresta, que foi interpretada com rápidas mudanças climáticas, pela presença de florestas de *Myrtaceae* (floresta local que se desenvolve em áreas de várzea, mostra inundações sazonais); floresta de *Araucaria* (floresta que se desenvolve em temperaturas frias de inverno e alta umidade), e a floresta semidecídua e o cerrado (se desenvolve em longas estações secas e temperaturas quentes no inverno, acima de 15°). Essas rápidas mudanças climáticas se deram em resposta a advecções polares que alcançaram a latitude de Salitre nos últimos 10.000 anos (Ledru *et al.*, 1996).

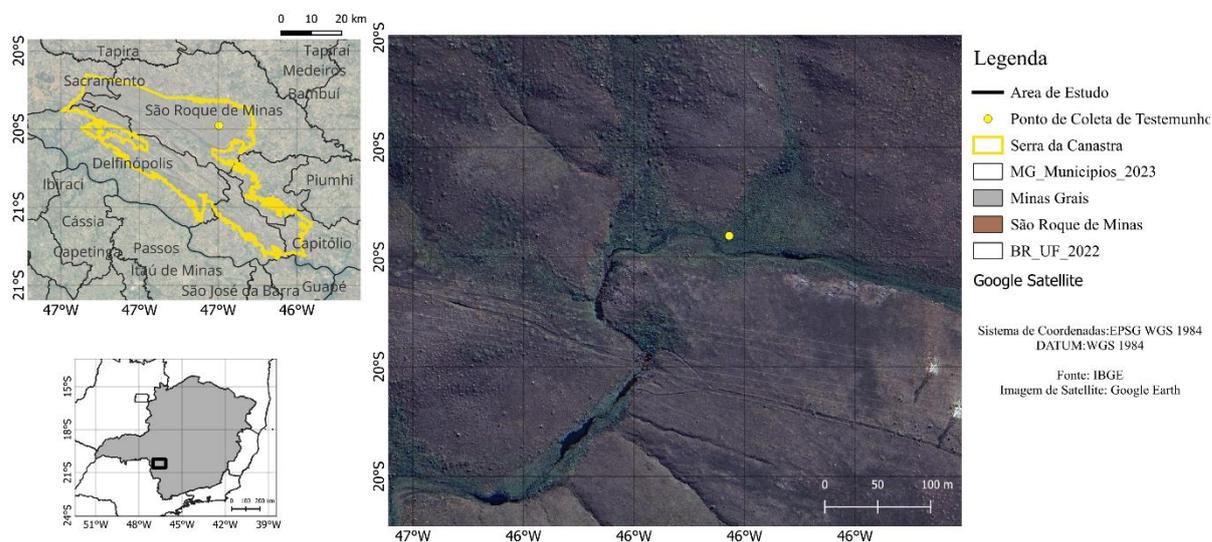
## 2. ÁREA DE ESTUDO

### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A coleta de testemunho para análise polínica foi realizada na Serra da Canastra, a sudoeste do estado de Minas Gerais. O testemunho foi coletado em uma turfeira da serra situada nas coordenadas 20°14'19.7"S, 46°29'49.7"W.

O Parque Nacional Serra da Canastra localiza-se a sudoeste de Minas Gerais, abrangendo os municípios de São Roque de Minas, Sacramento e Delfinópolis, ela abrange uma área de 71.525 ha, com altitudes que variam de 800 a 1496 m. A cidade na qual se situa a localização do ponto de coleta do testemunho em análise é em São Roque de Minas (Figura 7).

Figura 7 - Mapa de Localização do ponto de coleta de testemunho e área de estudo



Fonte: o autor

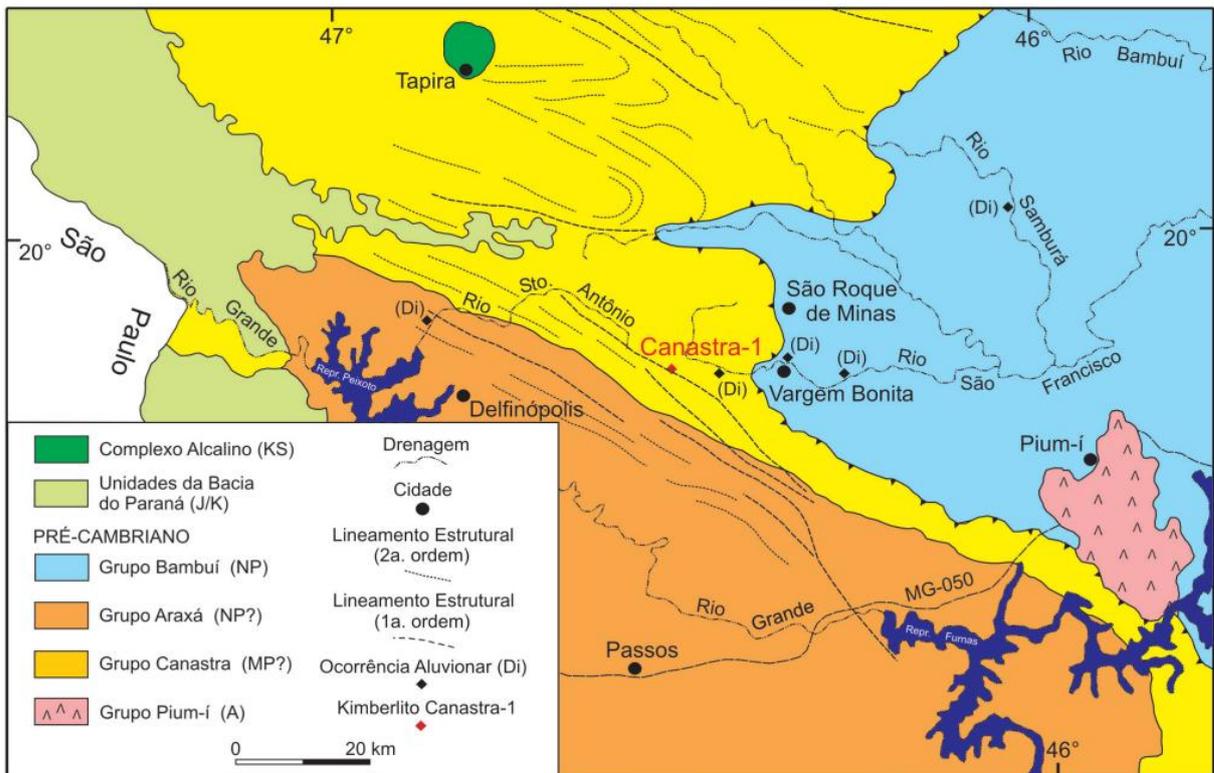
### 3.2 GEOLOGIA DA SERRA DA CANASTRA

#### 3.2.1 Arcabouço Estrutural

A Serra da Canastra, localizada no estado de Minas Gerais, destaca-se como uma região de grande relevância geológica e ecológica. A estruturação da região da Serra da Canastra é um resultado da evolução do arcabouço geológico da Faixa Brasília Meridional (FBM), que possui uma orientação NW/SE inserido no Sistema Orogênico Neoproterozoico da Província Tocantins e engloba a faixa de relevos serranos da Serra da Canastra. Segundo Valeriano *et al.* (2004), a Faixa Brasília Meridional resulta da interação entre os Crátons do São Francisco e Paranapanema (que foi coberto pela Bacia do Paraná), num contexto geotectônico

de aglutinação do supercontinente Gondwana. A orogenia resultante dessa aglutinação de terrenos nas bordas dos crátons deu origem a essa extensa província estrutural composta por faixas de dobramentos, sendo elas Paraguai, Araguaia e Brasília. A Serra compreende a lasca tectônica inferior da Sinforme de Araxá, uma dobra regional cujo eixo cai de modo suave para WNW, com flancos de direção WNW e mergulhos para NNE e SSW; formando um conjunto de três lascas tectônicas separadas por falhas de empurrão, cada uma referente aos grupos Araxá, Ibiá e Canastra (Valeriano *et al.*, 2004; Uhlein *et al.*, 2012; Morales, 2015)

Figura 8 - Geologia simplificada da região da serra da Canastra em Minas Gerais



(modificado de Heineck *et al.*, 2003)

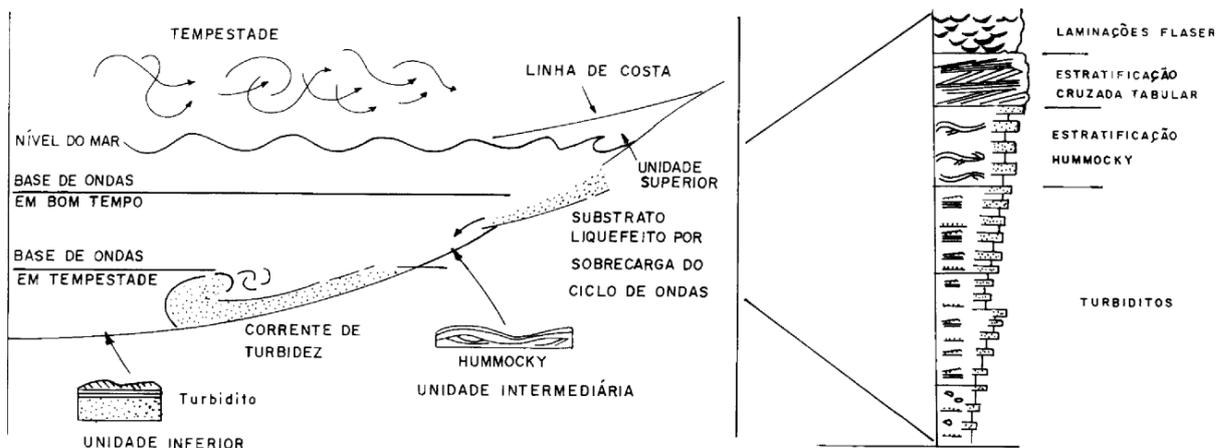
### 3.2.2 Estratigrafia

As litologias que caracterizam essa área são representadas pelo Grupo Canastra, composto por rochas metamórficas como quartzitos, filitos e micaxistos, que resultam em um relevo acidentado formado por chapadas e vales profundos (Lahner *et al.*, 1975).

Os Grupos Araxá e Canastra possuem uma sedimentação de margem passiva, iniciada no Proterozóico Inferior, com datação por Sm-Nd de 2,2 Ga (Riaciano) (Barbosa *et al.*, 1970). As rochas metassedimentares do Grupo Canastra originaram-se num contexto bacinal de

margem passiva, com proveniência sedimentar de fontes mais antigas, sendo essa fonte possivelmente do Cráton São Francisco (Valeriano, 2004). Pereira e colaboradores em 1994 apresentam as rochas do Grupo Canastra como granodécrescente ascendente, na qual possuem em sua base argilas, gradando para arenitos em seu topo. Além disso possuem também estruturas sedimentares associadas a essas rochas, como estratificações cruzadas, laminações *flaser* e *hummocky*, na qual reforçam a sua sedimentação de um ambiente em plataforma marinha, durante o ciclo regressivo.

Figura 9 - Modelo de ambiente de sedimentação para o Grupo Canastra



(modificado de Walker 1984)

Outro Grupo importante no contexto envoltório da Serra da Canastra é o Grupo Araxá, o qual também possui fácies de deposição em ambiente continental marinho, com intercalações de rochas metabásicas, caracterizadas por Valeriano (2000) como resultantes de um magmatismo toleítico que ocorreu durante as sucessivas tentativas de rifteamento.

### 3.2.3 Geomorfologia

De acordo com a análise geomorfológica de Valadão (2018), o relevo da Serra da Canastra é dividido em Planaltos, Morros e serras e Depressões (Figura 10). O perfil geológico da serra (Figura 11) evidencia esses vales, que foram moldados por drenagens, dividindo a serra em quatro compartimentos: Serra Grande, Chapadão da Babilônia, Serra Brava e Chapadão Canastra (Figura 11).

Fazendo uma correlação que molda o relevo das áreas Ia, Ib, IIa, IIb, IV, V, VII, VIII da figura 11, temos que os planaltos são sustentados pelos quartzitos do Grupo Canastra.

Destacam-se o Chapadão da Canastra, que se estende entre 1 200 e 1 500 m, atuando como divisor de águas para as bacias dos rios Grande, Araguari e São Francisco, na qual é dissecado por drenagens gerando vales, e o Chapadão da Babilônia, ligeiramente mais baixo e mais recortado pela drenagem, mas ainda caracterizado por topos relativamente planos e por solos ralos (Neossolos Litólicos e Plintossolos Argilúvicos) recobertos por campos limpos bem conservados.

Entre esses planaltos surgem chapadas dissecadas e serras: as unidades de morros alongados e colinas convexas (Unidades Ia e Ib), com altitudes de 750 a 1 250 m e solos profundos (Cambissolos Háplicos e Latossolos), resultantes de rochas pelíticas e filitos mais fracos; e blocos de serras como a Serra Preta e a Serra Grande, em um platô desmontado pela drenagem intensa, onde afloramentos de quartzito formam topos angulosos e vertentes íngremes, com solos argilúvicos no topo e Neossolos Litólicos nas cristas .

As **depressões** interplanálticas surgem em fraturas de litologia menos resistente, sempre encaixadas entre planaltos:

- O **Vão dos Cândidos** (Unidade IIa), entre Chapadões da Canastra e da Babilônia, vale fechado em xistos, 850–1 000 m, com Latossolos Vermelhos e campos limpos quase intactos
- A depressão sudeste (Unidade IIb), que ostenta morros angulosos e vertentes acentuadas, divide bacias opostas (Posses e São Francisco) e exhibe grande mosaico de

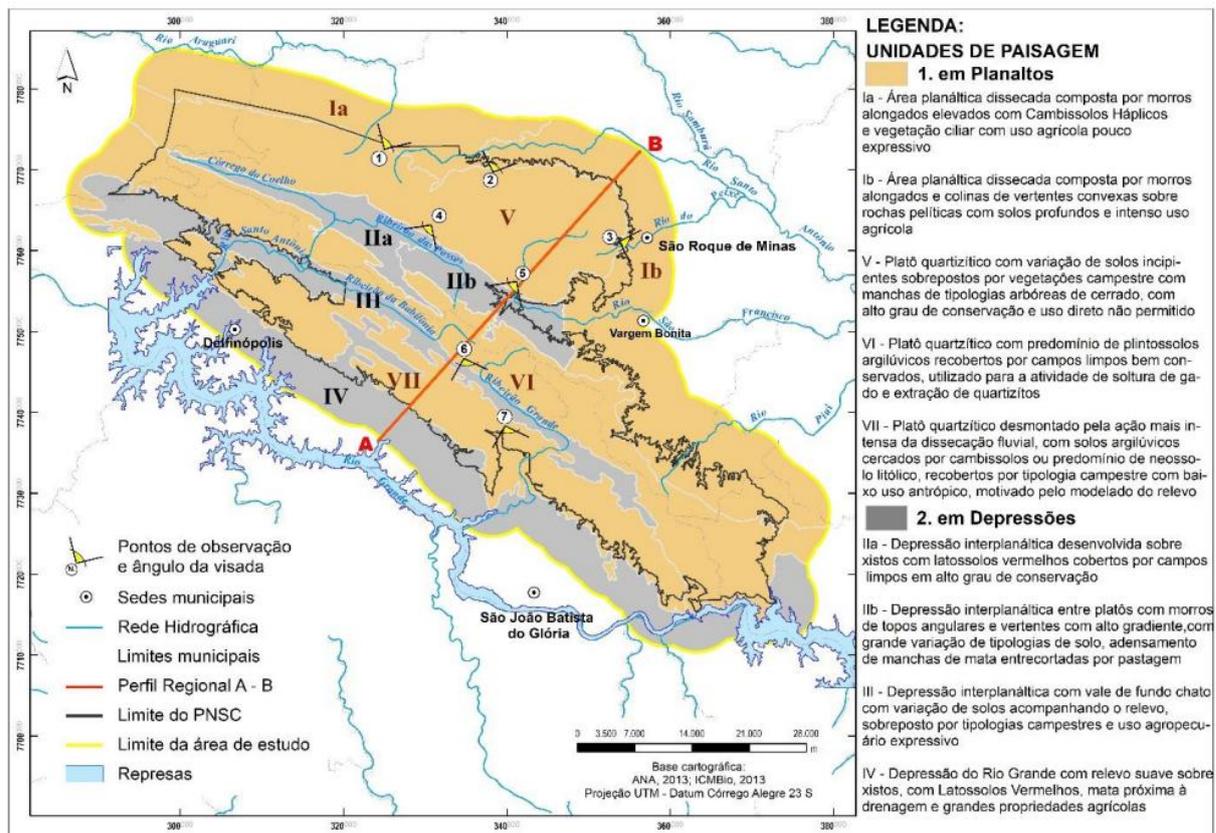
solos (Latosolos, Plintossolos, Neossolos e Cambissolos), com manchas densas de mata entre pastagens .

Por fim, os vales principais aprofundam-se nos calcixistos e milonitos do Grupo Araxá:

- **O Vale da Babilônia** (Unidade III) é um vale de fundo chato, 750–800 m, que se alarga em direção nordeste, esculpido ao longo de falhas de empurrão, com uso intensivo em cultivo e pastagem e solos que variam de Neossolos Litólicos a Cambissolos Háplicos
- **A Depressão do Rio Grande** (Unidade IV), nos patamares mais baixos (620–750 m), apresenta vertentes longas e suaves sobre xistos, solos de Latossolos Vermelho-Amarelo e manchas de vegetação ripária preservada ao longo do rio .

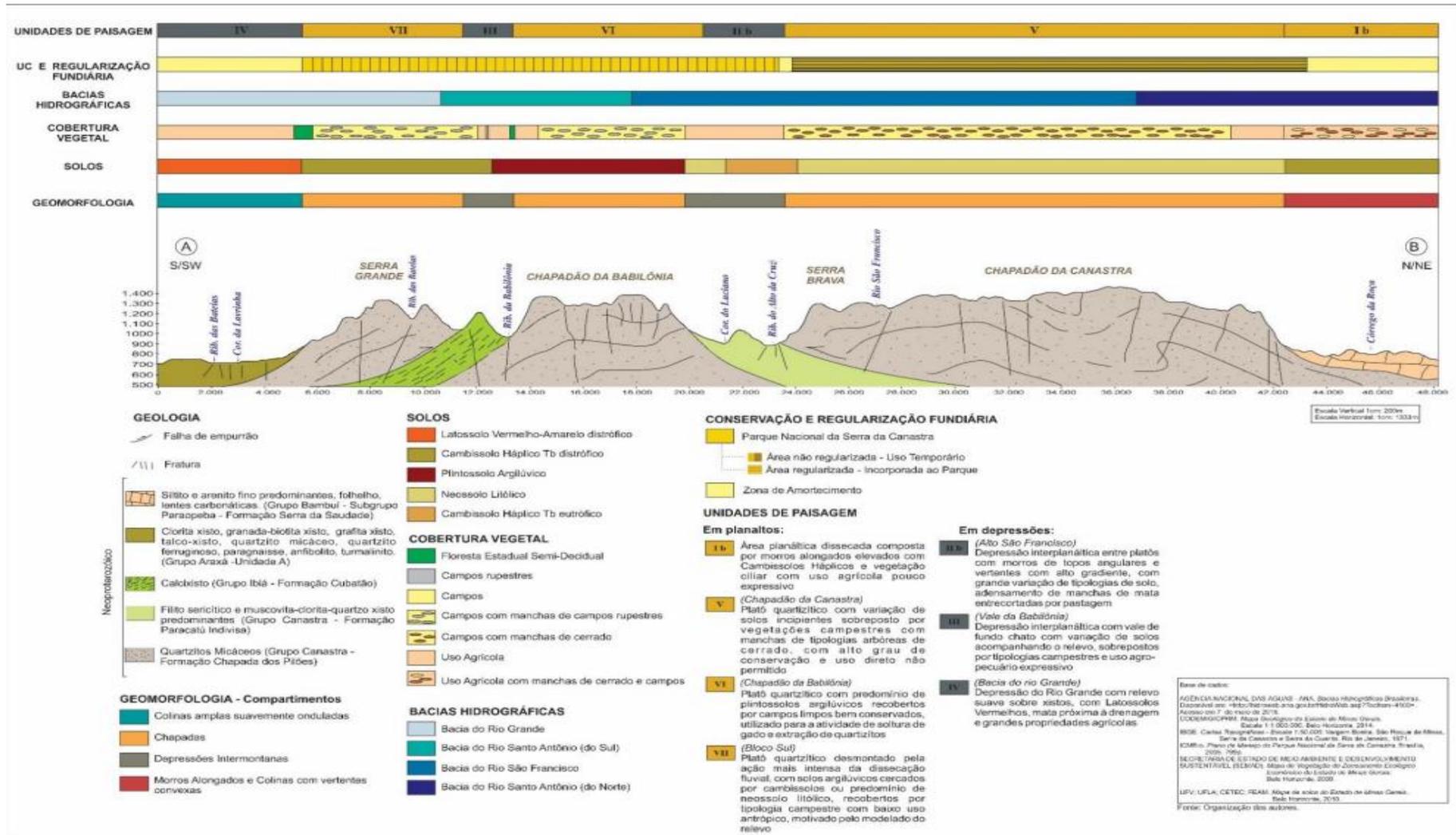
Em conjunto, essas feições formam um mosaico geomorfológico onde a resistência diferencial das rochas e a orientação tectônica definem a alternância planalto–vale e condicionam o padrão de uso do solo e a conservação da vegetação nativa.

Figura 10 - Mapa das unidades de paisagem do Parque Nacional da Serra da Canastra – MG



(Fonte: Valadão, 2018)

Figura 11 - Estruturação vertical da paisagem do Parque Nacional da Serra da Canastra, segundo seção regional sudoeste-nordeste



(Valadão, 2018)

Essa configuração geomorfológica influencia não apenas os padrões de transição e os processos sedimentares, mas também a preservação dos depósitos de matéria orgânica e de pólen fóssil, fundamentais para os estudos paleopalinológicos. Além disso, a diversidade estrutural da Serra da Canastra oferece um cenário privilegiado para investigar a interação entre os processos tectônicos e as mudanças ambientais ocorridas ao longo do Holoceno. Essa preservação se deve a características geológicas e geomorfológicas, o relevo de chapada e sua litológica nos quartzítica, que são mais resistentes a erosão.

#### **3.2.4 Pedologia – Solos do Bioma Cerrado**

O solo é resultante de variáveis interdependentes como: clima, organismos, material de origem, relevo e tempo. A relação entre o solo e vegetação é fundamental para compreender o comportamento de ambos no meio ambiente. Para o entendimento e correlação do tipo de solo e o tipo de vegetação correspondente é preciso compreender suas propriedades e características.

De acordo com o estudo de Sano et al (2008), o solo é uma decorrência das variáveis citadas acima que decorrem do material de origem e do ambiente em que foram formados. A determinação da classe de um solo decorre do estudo de suas características morfológicas e físicas (Cor, textura e estrutura), químicas (fertilidade, acidez e matéria orgânica) e outras como mudanças de textura, espessura/profundidades do solo, porosidade.

O trabalho de Sano et al (2008) pode nos mostrar de maneira geral a relação dos tipos de solo que se desenvolvem nas áreas do Cerrado. Solos em rochas ricas em minerais ferromagnesianos têm como vegetação predominante a Mata Seca e o Cerradão. Em porções acidentadas, o material rochoso por ser facilmente erodidos, gera solos jovens os Neossolos. Os solos derivados de rochas quartzíticas e areníticas geralmente são muito pobres, em questão de matéria orgânica disponível e de macro e micronutrientes presentes no solo, são muito porosas, o que gera a uma alta erosão hídrica e eólica. Um tipo importante de material que recobre uma importante parte do Cerrado são as crostas ferruginosas e lateríticas que disponibilizam no solo altos teores de óxidos de ferro.

A tabela abaixo, retirada do trabalho intitulado Ecologia e Flora de Sano et al 2008, estabelece a relação das principais classes de solos, de acordo com o SiBics, de ocorrência no bioma Cerrado e sua correspondente vegetação natural.

Tabela 1 - Relação do tipo de solo, sua porcentagem de distribuição, com sua respectiva vegetação do bioma Cerrado

Classes de solo	Ocorrência estimada (%)	Vegetação natural correspondente (aproximação)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	24,56	Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Típico/Mata Ciliar/Mata de Galeria
Latossolo Vermelho (LV)	22,1	Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Típico/Mata Seca
Neossolo Quartzarênico (RQ)	14,46	Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Ralo/Cerrado Típico
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	7,2	Cerrado Denso/Cerrado Típico
Neossolo Litólico (RL)	7,49	Campo Rupestre/Cerrado Rupestre
Argissolo Vermelho (PV)	6,46	Mata Seca/Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Típico
Plintossolo Háptico (FX)	5,41	Campo Sujo/Parque de Cerrado/Mata de Galeria/Mata Ciliar/Campo Limpo/Campo Rupestre/Vereda/Palmeiral/Cerrado Ralo
Cambissolo (C)	3,47	Cerrado Típico/Cerrado Ralo/Cerrado Rupestre/Mata de Galeria
Plintossolo Pétrico (FF)	2,91	Parque de Cerrado/Campo Sujo/Campo Rupestre/Cerrado Ralo/Cerrado Rupestre
Gleissolo Háptico (GX)	1,41	Vereda/Palmeiral/Parque de Cerrado/Campo Limpo/Cerrado Ralo
Nitossolo Vermelho (NV)	1,43	Mata Seca
Latossolo Amarelo (LA)	2,0	Cerradão/Cerrado Denso/Cerrado Típico
Gleissolo Melânico (GM)	0,2	Vereda/Palmeiral/Cerrado Ralo/Mata de Galeria/Mata Ciliar
Chernossolo (M)	0,08	Mata Seca Decídua/ Mata Seca Semidecídua
Planossolo (S)	0,27	Campo Sujo Úmido/Campo Limpo Úmido
Neossolo Flúvico (RU)	0,07	Mata de Galeria Inundável/Mata de Galeria Não-Inundável/Mata Ciliar/Vereda
Organossolo Mésico ou Háptico (OY)	0,01	Campo Limpo/Úmido/Vereda/Palmeiral
Total	≅100	

Após feita uma análise geral dos tipos de solos e suas respectivas vegetação no bioma Cerrado foi elaborado um Mapa Pedológico e Litológico da área de estudo, a fim de compreender e estabelecer uma relação entre o tipo de solo, sua relação com as litologias presentes e a vegetação natural atual na Serra da Canastra.

Figura 12 - Mapa Pedológico do Parque Nacional Serra da Canastra

Mapa Pedológico - Parque Nacional Serra da Canastra

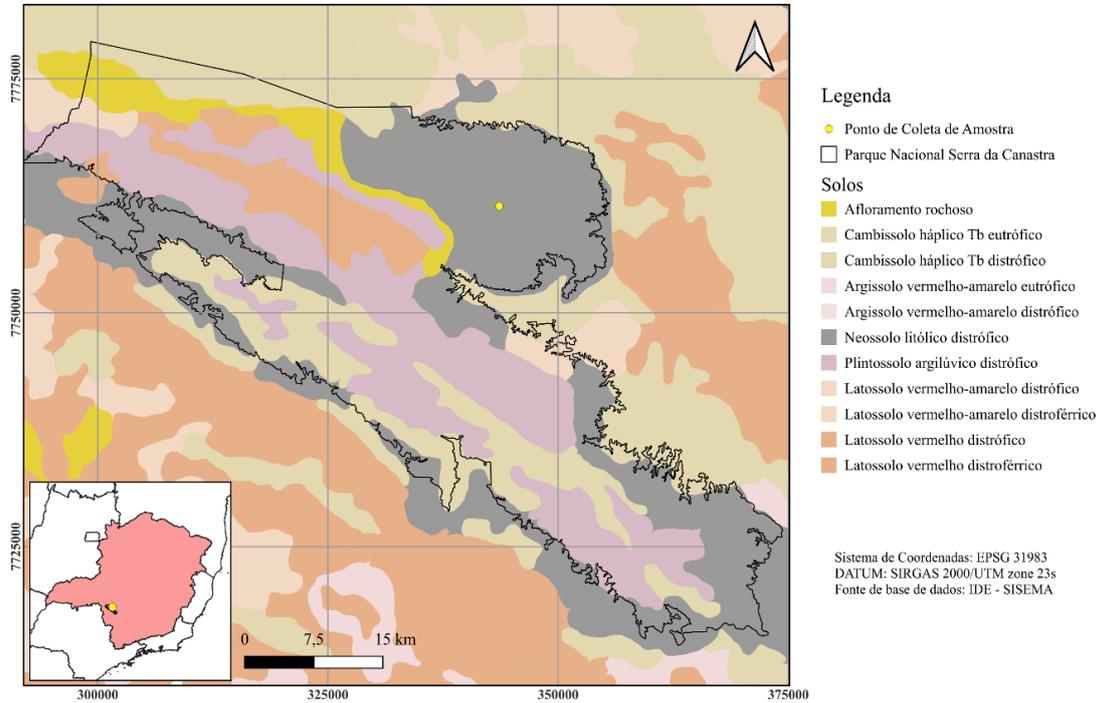
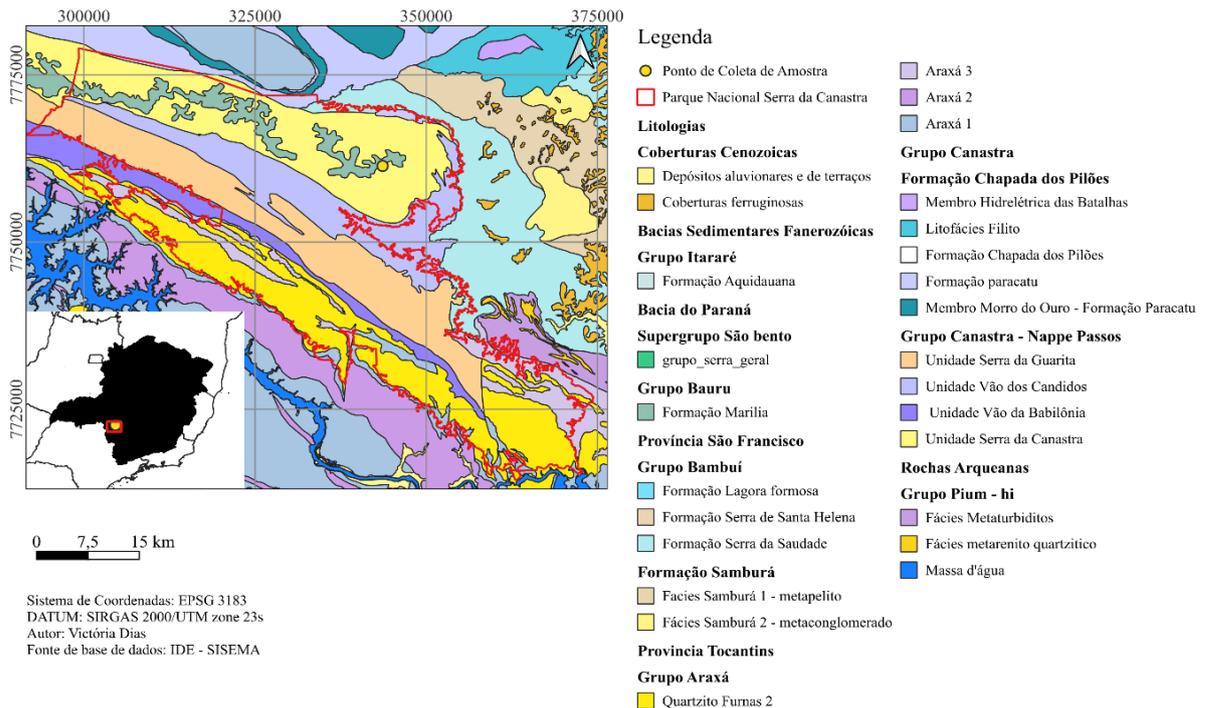


Figura 13- Mapa de Litologias do Parque Nacional Serra da Canastra

Mapa Litológico



Fazendo então uma correlação da litologia com a pedologia podemos compreender em um contexto geral que a Serra da Canastra compreende dois grandes grupos, que são eles: O grupo Canastra: Nappe Passos( Característicos de rochas de margem passiva com sedimentação em plataforma marinha (Valeriano, 2004), e o Grupo Araxá (Deposição em ambiente marinho e continental, com intercalações de rochas metabásicas resultantes de magmatismo toleítico associado a rifteamentos (Valeriano, 2000).). E para fazer uma relação direta da litologia, com o solo gerado, foi elaborado uma tabela a fim de compreender essa relação (Tabela 2).

Tabela 2 - Relação do Grupo - Formação -Litologias principais e os tipos de solos associados

<b>Grupo</b>	<b>Formação</b>	<b>Litologias Principais</b>	<b>Tipos de solos associados</b>
Grupo Canastra	Serra da Canastra	Quartzito micáceo, Metarenito, Metaconglomerado, Quartzito	Neossolo Litólico distrófico / Plintossolo Argilúvico distrófico
	Serra da Guarita	Muscovita-xisto, Quartzito micáceo, Quartzito feldspático	Plintossolo Argilúvico distrófico
	Vão dos Cândidos	Quartzito micáceo, Metabásito, Quartzo-xisto, Xisto	Latossolo Vermelho distrófico/ Cambissolo Háplico Tb distrófico
	Vão da Babilônia	Paragnaisse, Metagrauvaca, Quartzito, Gnaisse, Filito, Ultramáfico	Cambissolo Háplico Tb distrófico
Grupo Araxa	Quartzito Furnas	Quartzito micáceo, Muscovita-quartzo xisto	Cambissolo Háplico Tb distrófico / Neossolo Litólico distrófico
	Araxá 3	Quartzito micáceo, Rocha metavulcânica félsica, Mármore, Muscovita- quartzo xisto	Cambissolo Háplico Tb distrófico / Plintossolo Argilúvico distrófico

	Araxa 1	Muscovita-quartzo xisto	Cambissolo Háplico Tb distrófico
--	---------	-------------------------	----------------------------------

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos solos de 2018, foi caracterizado os solos encontrados na serra, considerando até a 3ª ordem de classificação. São eles:

**Neossolo Litólico distrófico distrofico:**

**1 Categoria(Ordem): Neossolos:** Solos pouco evoluídos e sem o horizonte B diagnóstico definido, com predomínio de características herdadas do material originário.

**2 categoria(subordem): Litólico:** Solos com contato com fragmento lítico dentro de 50cm a partir da superfície.

**3 categoria: (grandes grupos) Distrofico:** baixa saturação por bases

**Plintossolo Argilúvico distrófico distrofico:** Baixa saturação por bases

**1 Categoria(Ordem): Plintossolo:** Solos com expressiva plintização: A plintita e uma mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro e/ou alumínio, com grãos de quartzo e outros minerais, ela se forma em ambiente úmido.

**2 categoria(subordem): Argiluvico:** Concentração expressiva de argila

**3 categoria: (grandes grupos) Distrofico:** Baixa saturação por bases

**Cambissolo haplico Tb distrófico:**

**1 Categoria(Ordem): Cambissolo:** Solos com o horizonte B incipiente

**2 categoria(subordem) e 3 categoria: (grandes grupos): Haplico Tb Distrofico:** Solos com argila da atividade baixa saturação por bases

**Latossolo Vermelho distrófico:**

**1 Categoria(Ordem): Latossolo:** Solos constituídos por material mineral, horizonte A dentro de 300cm de espessura

**2 categoria(subordem): Vermelho:** Vermelho nos primeiros 100cm do Horizonte B

**3 categoria: (grandes grupos) Distrófico:** Solos baixa saturação por bases na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B

De uma maneira geral a serra da Canastra é composta por rochas com baixa saturação por bases (Distróficos). Sendo os Cambissolos e os Neossolos produtos de rochas mais resistentes ao intemperismo, os quartzitos, xistos micáceos. E os Latossolos e Plintossolos produtos de rochas com maior quantidade de argila em sua composição, e um solo mais desenvolvido, as rochas máficas, ricas em ferro e/ou alumínio.

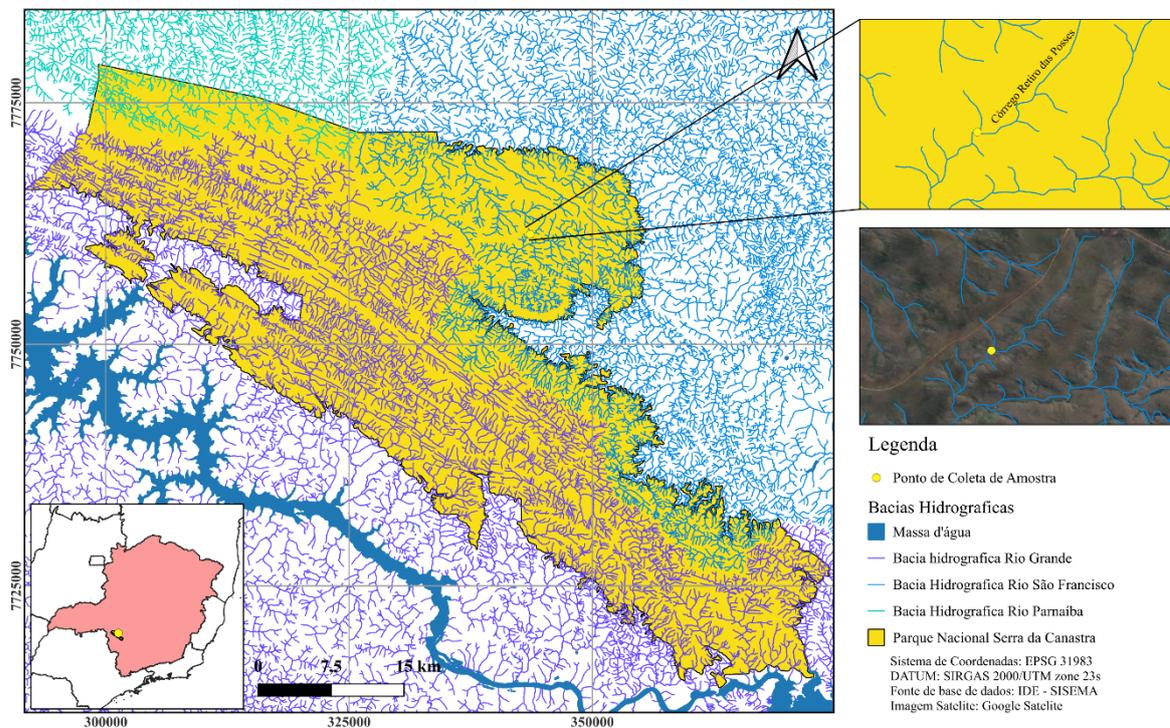
E também pela serra ser uma área inserida em um contexto de bacias hidrográficas, podemos compreender também alguns tipos de solos possuem uma saturação maior em água, que são os Plintossolos, gerados pela grande infiltração de água e sua capacidade de retê-las.

### **3.2.5 Hidrologia**

O Parque Nacional Serra da Canastra está inserido em 3 bacias hidrográficas: Bacia do Rio São Francisco, Bacia do Rio Grande e a Bacia do Rio Parnaíba, como pode ser observado no Mapa de bacias hidrográficas na figura 14. É importante destacar que é nesta serra que nasce o Rio São Francisco, uma das bacias de maior extensão no território de Minas Gerais.

Figura 14 - Mapa de Bacias Hidrográficas do Parque Nacional Serra da Canastra

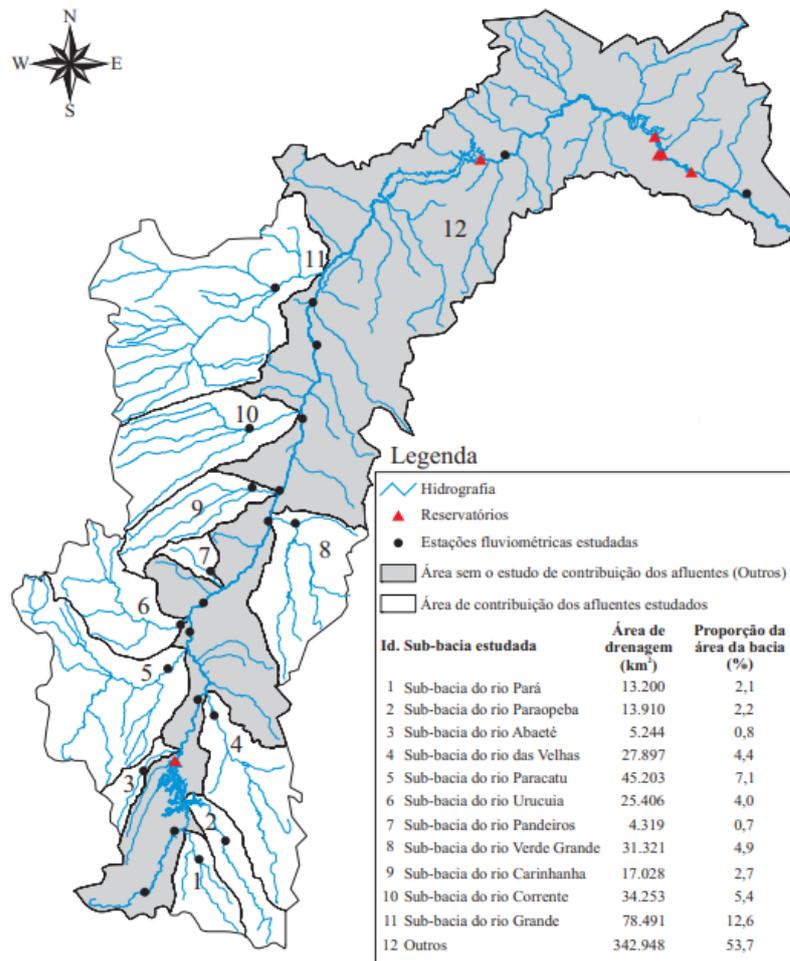
Mapa das Bacias Hidrográficas - Parque Nacional Serra da Canastra



A fonte do Rio São Francisco se localiza mais especificamente no Chapadão da Zagaia, localizado no município de São Roque de Minas (MG). A Bacia do Rio São Francisco contempla uma área de drenagem de 639.219km<sup>2</sup>, que se estende pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e em menor área, Goiás e Distrito Federal, e ele desagua no Oceano Atlântico entre os estados de Sergipe e Alagoas. Sua bacia é dividida entre Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco (Pires, 2016).

De acordo com Pereira et al 2007, no trabalho intitulado Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus afluentes, a bacia possui 36 afluentes mais importantes, dentre eles 19 são perenes. No seu estudo foi analisado o comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes (Figura 15) pertinentes aos dados de precipitação média anual, vazão específica média anual e coeficiente de deságue, com estações fluviométricas, e análise pluviométricas fornecidas pela Agencia Nacional de Águas (ANA).

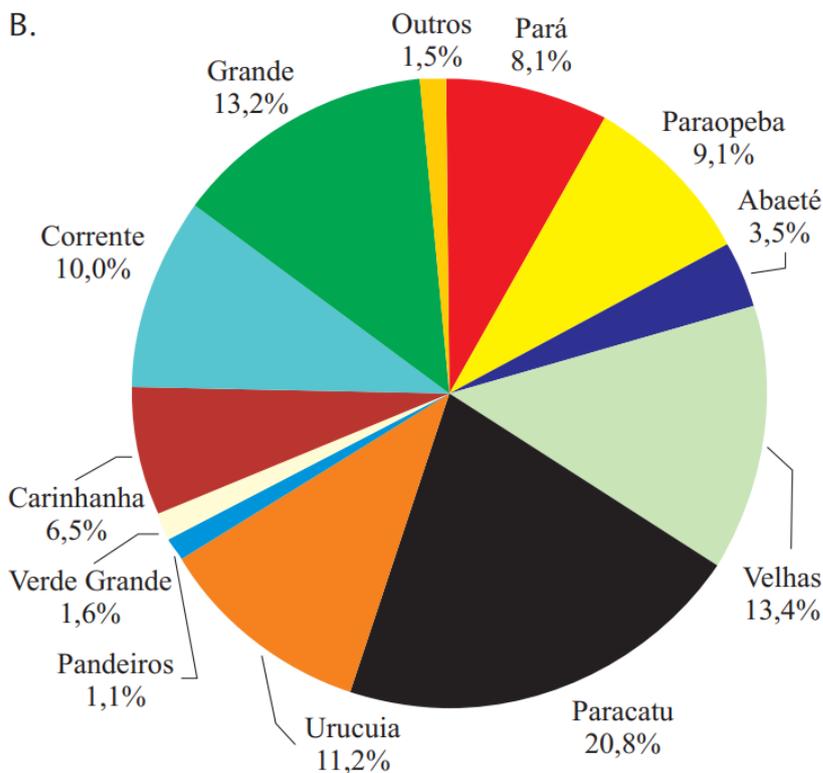
Figura 14 - Principais sub-bacias do Rio São Francisco, suas áreas de drenagem, proporções em relação à bacia e localização das estações fluviométricas estudadas



(Fonte: Silvio et al 2007)

Os resultados com base nas análises de precipitação, considerando o intervalo dos anos de 1979 a 1999, e vazão específicas médias anuais de longa duração diminuem da nascente para a foz do São Francisco. E as sub-bacias com as maiores contribuições para a formação da vazão do Rio São Francisco, considerando-se os períodos de 1979 a 2000, são as dos Rios Paracatu (20,8%), Velhas (13,4%) e o Rio Grande (13,2%), como é observado na figura 16

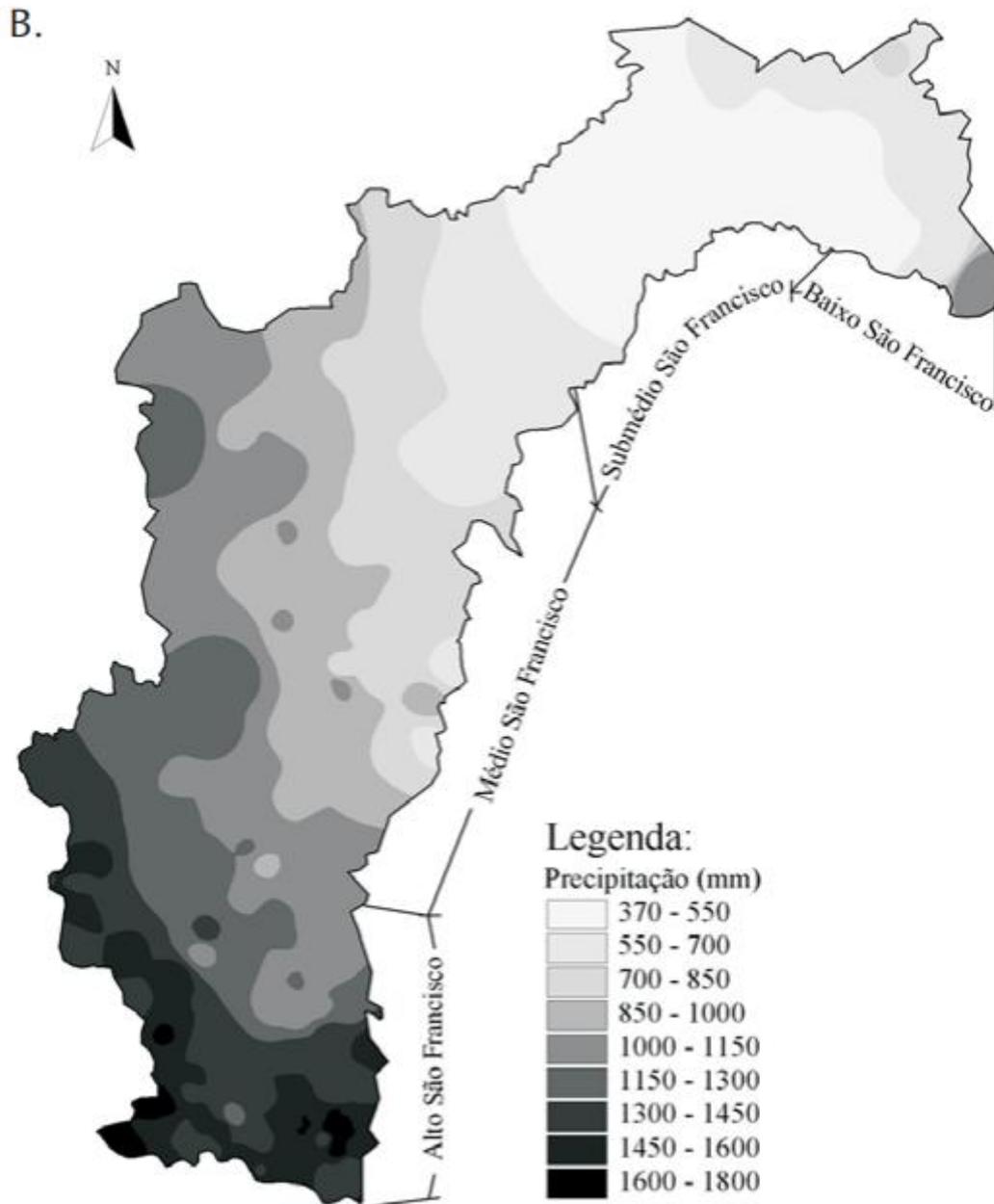
Figura 15 - Proporção da contribuição real dos principais afluentes para o Rio São Francisco, considerando-se os períodos de 1979 a 2000)



Fonte: (Modificado de Silvio B. Pereira et al 2007)

Com esse estudo de Silvio e colaboradores e também com a base em dados obtidos de precipitação anual ao longo da bacia, figura 17, pode-se observar que a região de maior precipitação está localizada no Alto São Francisco, sua foz, que se localiza na Serra da Canastra.

Figura 16 - Precipitação média anual na Bacia do São Francisco, considerando-se os períodos de 1979 a 1999



Fonte: (Modificado de Silvio B. Pereira et al 2007)

Além da bacia do São Francisco, a Serra da Canastra está inserida também em outras duas bacias hidrográficas, como citado acima, a Bacia do Paranaíba e do Rio Grande. A Bacia do Paranaíba, é um dos rios afluentes do rio Paraná, apresenta uma extensão de 1.008 km até a sua foz, e recebe durante o seu percurso águas de 4 estados brasileiros: Minas Gerais (31,7%) Distrito Federal (1,6%) , Goiás (63%) e Mato Grosso do Sul(3,4%). A Bacia hidrográfica do rio Paranaíba é a segunda maior unidade da Região Hidrográfica do Paraná (25,4% de sua área),

ela está localizada entre os paralelos 15° e 20° sul, e os meridianos 45° e 53° oeste, e possui uma área de drenagem de 222,6 mil km<sup>2</sup>. (ANA, 2015)

A Bacia Hidrográfica do Rio Grande, situada na porção sul da Serra da Canastra, faz parte da Região Hidrográfica Paraná, possui uma área de drenagem de 143mil km<sup>2</sup>, e contempla os estados de Minas Gerais (60,2% da área da drenagem da bacia) e São Paulo (39,8% da área da drenagem da bacia). Sua abrangência vai desde a vegetação do Cerrado à Mata Atlântica. (IGAM, 2015)

### 3.3 VEGETAÇÃO

O Bioma Cerrado é o segundo bioma de maior extensão no território brasileiro, as áreas cobertas por cerrado são de aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados, correspondendo 22% do território brasileiro, e abrangem os estados da Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, Rondônia, Tocantins e o Distrito Federal.

Figura 17 - Mapa dos Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil



(Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2012).

O Cerrado no Brasil é um conjunto de savanas que abrangem desde uma vegetação aberta com poucas árvores e arbustos até uma vegetação mais fechada (cerradão). No cerrado típico, as gramíneas (*Poaceae*) são o tipo de vegetação que predomina no estrato inferior e as árvores são baixas com troncos tortuosos e folhas espessas. Além disso, na região do cerrado ocorrem algumas áreas de campo, assim como áreas de mata seca, semidecídua ou decídua e os capões de mata. Não somente de vegetação seca é composto o cerrado, mas também há espécies que crescem em torno de cursos de água, como matas de galeria, brejos e pântanos e veredas (buritizais) (Henriques *et al.*, 2005).

A Serra da Canastra, a atual área de estudo desse trabalho, está inserida no Bioma Cerrado e seu tipo de vegetação é caracterizado por florestas mesófilas de encosta, cerradão, cerrado, campo cerrado, campo limpo e campo rupestre (Romero *et al.*, 1999)

De acordo com Romero, através da identificação de famílias de plantas feita em 1999 na Serra da Canastra, para análise de espécies endêmicas na serra, foram identificadas 101 famílias, dentre elas 45 espécies endêmicas da região. Dentre as famílias endêmicas identificadas, em relação ao número total de espécies quando comparado a outros especialistas foram: *Amaryllidaceae*, *Apiaceae*, *Aquifoliaceae*, *Asteraceae*, *Caesalpiniaceae*, *Ericaceae*, *Gesneriaceae*, *Lamiaceae*, *Melastomataceae*, *Schrophulariaceae* e *Velloziaceae*.

Tabela 3 - Número de espécies endêmicas que ocorrem no Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, em relação ao número

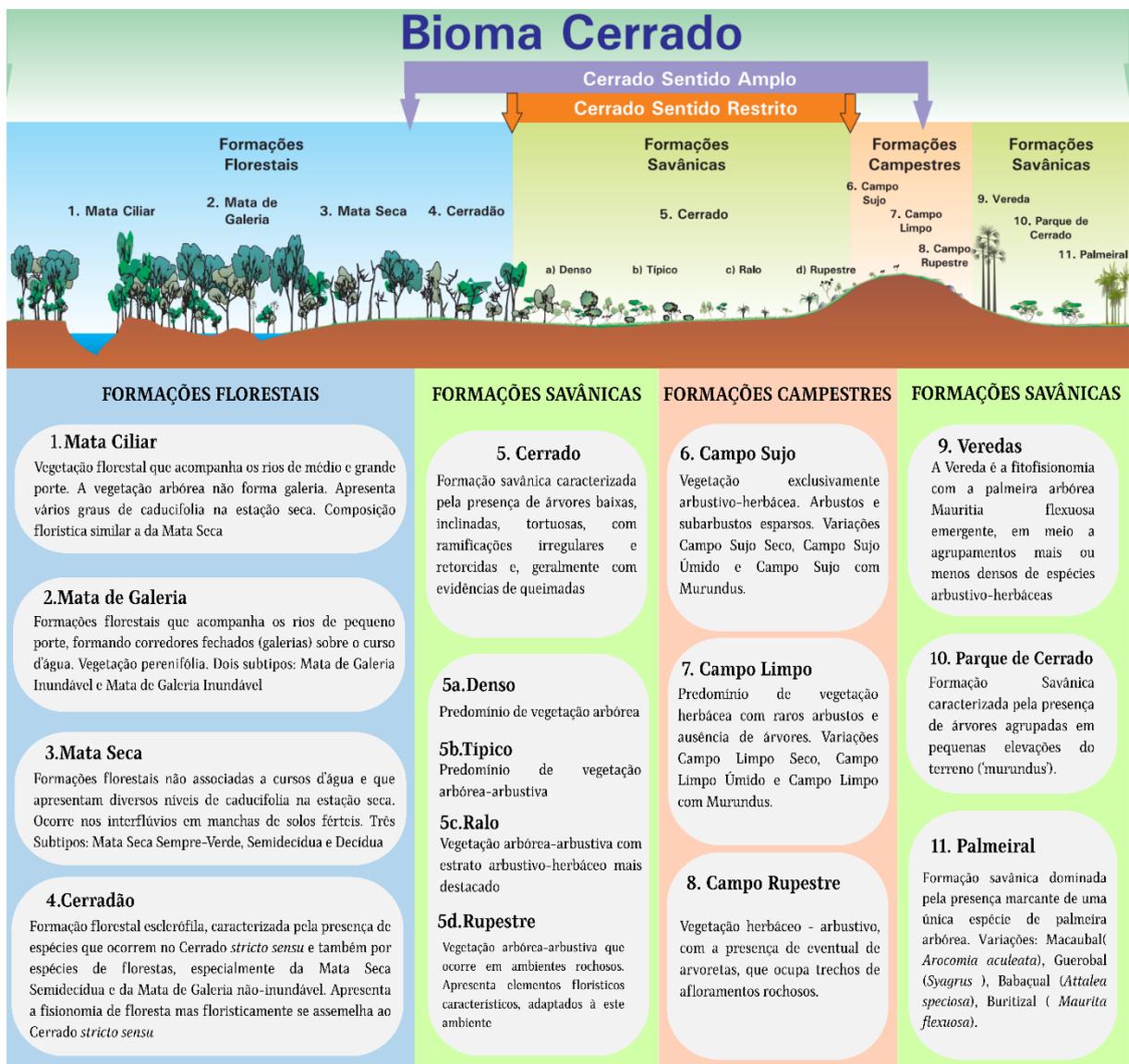
Famílias	Nº de espécies	Nº de endêmicas	Especialistas	Instituição
<i>Amaryllidaceae</i>	6	1	J. Dutihl	UEC
<i>Apiaceae</i>	3	1	L. Constance	UC
<i>Aquifoliaceae</i>	11	1	S. Andrews	K
<i>Asteraceae</i>	210	22	J.N. Nakajima	HUFU
<i>Caesalpiniaceae</i>	21	2	R. Barneby	NY
<i>Ericaceae</i>	8	1	L. Kinoshita	UEC
<i>Gesneriaceae</i>	5	1	A. Chautems	G
<i>Lamiaceae</i>	22	1	R.M. Harley	K
<i>Melastomataceae</i>	93	9	R. Romero	HUFU
<i>Schrophulariaceae</i>	10	1	V.C. Souza	ESA
<i>Velloziaceae</i>	12	5	R. Mello-Silva	SPF

(Romero, 1999)

### 3.3.1. Principais tipos fitofisionômicos do Cerrado

O Cerrado é dividido em tipos fitofisionômicos e os critérios utilizados de acordo com Ribeiro & Walter, 2008 para diferenciá-los são baseados na fisionomia (forma), definida pela estrutura da vegetação, pelas formas de crescimento dominantes e por possíveis mudanças estacionais. Seguidamente se considera aspectos do ambiente e da composição florística. Na literatura são descritos onze tipos principais de vegetação para o bioma (Fig 19), enquadrados em Formações Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), Savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e Campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre).

Figura 18 - Quadro das Formações dos tipos fitofisionômicos do Bioma cerrado e suas principais características



Fonte: (Modificado de Sano et al 2008)

As **Formações Florestais** do bioma Cerrado abrangem os tipos de vegetação com predominância de espécies arbóreas, sendo elas: **Mata Ciliar** e **Mata de Galeria** ( associadas à cursos d'água, em terrenos bem ou mal drenados); **Mata Seca** e o **Cerradão** ( ocorrem em interflúvios em terrenos bem drenados sem associação com cursos d'água).

As **Formações Savânicas** englobam quatro tipos fitofisionômicos principais, que são: o **Cerrado sentido restrito** ou **Cerrado** ( dividido entre Denso, Típico, Ralo e Rupestre como observado na figura 19; de maneira geral há uma presença de estratos arbóreos e arbustivo-herbáceo definidos, com as suas árvores distribuídas de maneira aleatória) , o **Parque de Cerrado** (ocorrência de árvores é concentrado em áreas específicas do terreno), o **Palmeiral** ( ocorre tanto em áreas bem e mal drenadas, há uma presença marcante de determinada espécie de palmeira arbórea, e as arvores de outras espécies não tem destaque) e a **Vereda** ( assim como o palmeiral também se caracteriza por apenas um única espécie de palmeira, o buriti, que ocorre em menor densidade, além disso a vereda é circundada por um estrato arbustivo-herbáceo característico).

E as **Formações Campestres** do Cerrado se constitui por três principais tipos fitofisionômicos: **Campo Sujo** ( presença evidente de arbustos e subarbustos entremeados no estrato arbustivo-herbáceo) , **Campo Limpo** (fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores) e o **Campo Rupestre** (predominantemente herbáceo-arbustivo, com a presença eventual de arvoretas pouco desenvolvidas de até dois metros de altura).

Dentre as fitofisionomias citadas acima, o **Campo Rupestre**, vem recebendo maior atenção e estudo nas ultimas décadas. Essa fitofisionomia é mais conhecida nas Serras do Cerrado, que são: Serra da Canastra – MG (Atual local de estudo); do Cipó-Mg; do Espinhaço-MG; e nas Chapadas Diamantina -BA e dos Veadeiros- GO.

#### 3.4 CLIMA DA ÁREA DE ESTUDO

Na porção mais elevada da Serra da Canastra predomina um **clima subtropical**, segundo a proposta de Novais (2011), em que a temperatura média do mês mais frio fica abaixo de 15 °C . Em áreas de altitude ligeiramente menor (cercanias do planalto de Araxá), o clima varia para o **tropical ameno**, com média do mês frio entre 15 °C e 18 °C . Já nas encostas e vales adjacentes observa-se um **clima tropical semi-úmido**, marcado por um período seco de inverno (3–5 meses sem chuva) e chuvas concentradas no verão.

A região possui uma média anual de temperatura: 21,4 °C, com uma variação sazonal de 17,2 °C em julho (mínima média) a 23,2 °C em fevereiro (máxima média) além de uma amplitude térmica anual gira em torno de 6 °C a 7 °C.

Quanto à precipitação anual, o total anual é de 1.529 mm, em estações secas: junho (11 mm) e julho (19 mm) são os meses de menor pluviometria, caracterizando a estação seca de inverno, já nas estações chuvosas temos um pico em janeiro (305 mm), seguido de dezembro (275 mm) e fevereiro (238 mm). A maior parte da chuva advém da Zona de Convergência do Atlântico Sul e de massas de ar tropicais continentais, com reflexo orográfico nas serras .

As figuras abaixo, geradas a partir dos dados obtidos do trabalho de Novais, 2011. trazem a temperatura média e a precipitação para cada mês, permitindo visualizar sazonalidades.

Figura 19 - Gráfico de temperatura em °C anual do município de São Roque de Minas em 2011.

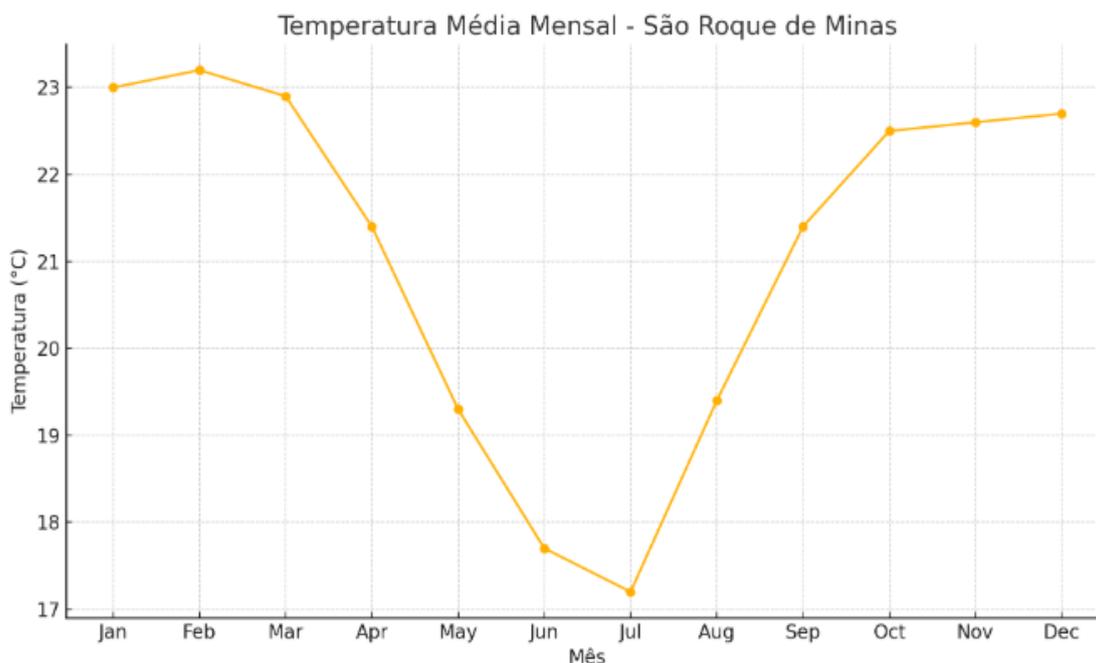
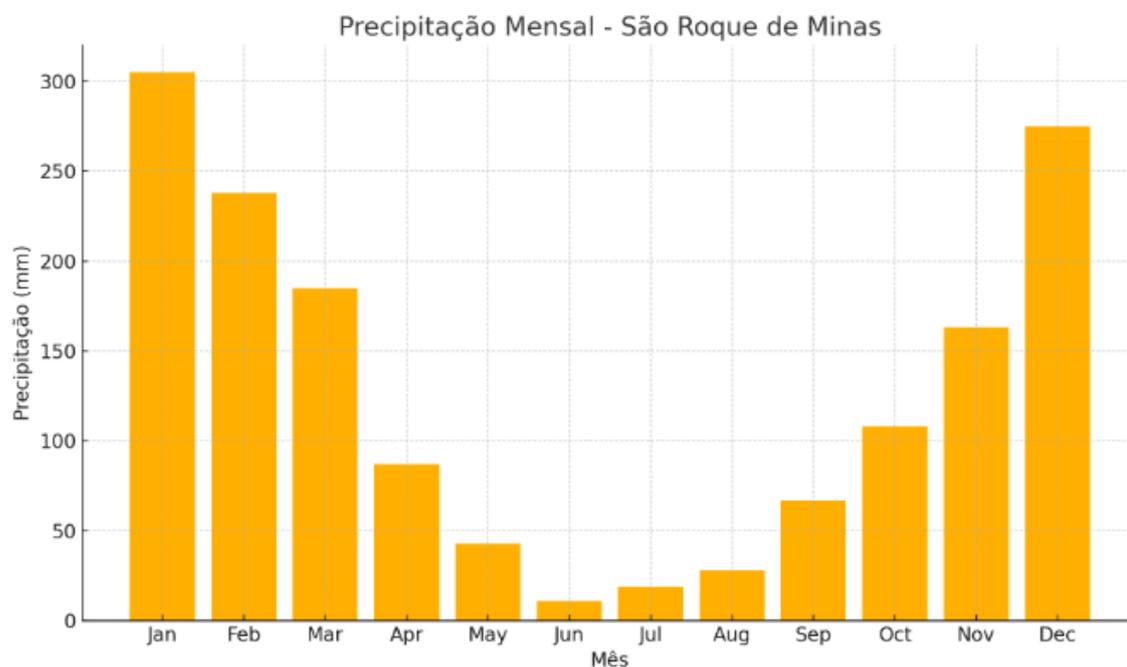


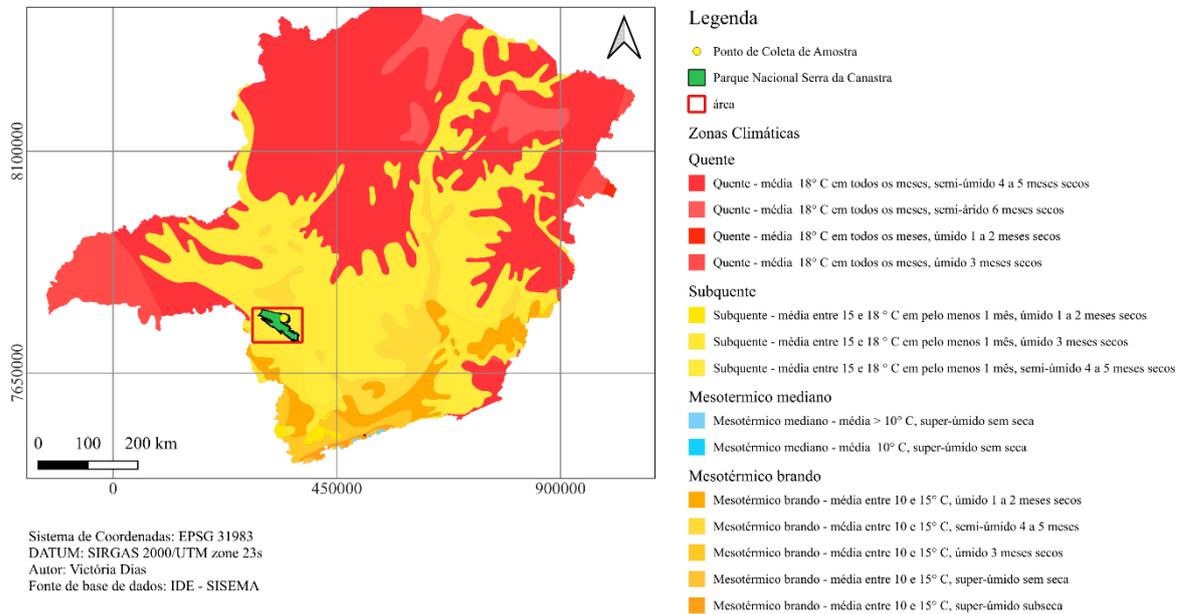
Figura 20 - Gráfico de Precipitação em mm anual do município de São Roque de Minas em 2011



A partir também do mapa gerado das Zonas Climáticas de Minas Gerais, pode-se observar que a Serra da Canastra se localiza em uma região de Clima Subquente, com temperaturas médias entre 15° - 18° e uma úmido com uma média de 3 meses secos.

Figura 21 - Mapa de Zonas Climáticas de Minas Gerais

### Mapa de Zonas Climáticas de Minas Gerais - Tropical Brasil Central

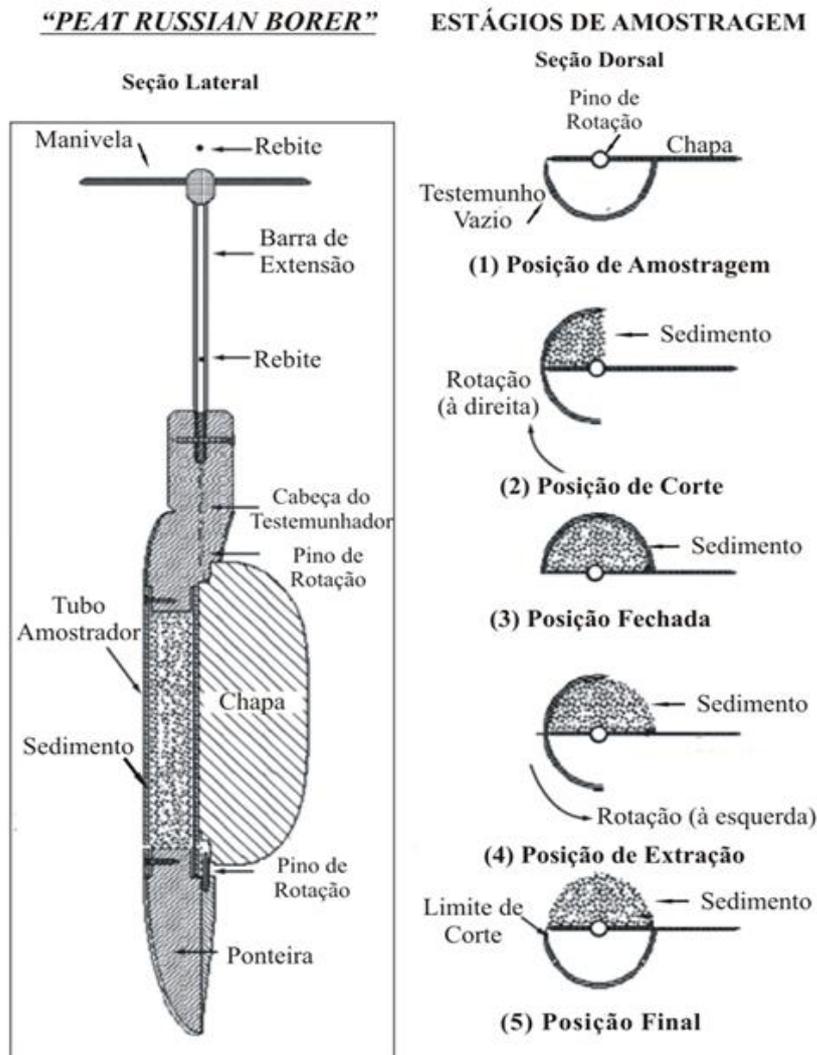


## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. COLETA DO TESTEMUNHO SEDIMENTAR

A coleta do testemunho sedimentar foi realizada com o uso do equipamento denominado *Peat Russian Borer* (Figura 15), um testemunhador manual especificamente projetado para a amostragem de sedimentos inconsolidados. Tal instrumento é ideal para ambientes de águas rasas, com profundidade máxima de até 2 metros, permitindo a extração de seções sedimentares de 0,50 metro por operação (SOUZA *et al.*, 2008).

Figura 22 - Estrutura do testemunhador e estágios operacionais para amostragem sedimentológica



(retirado de Souza *et al.*, 2008).

No presente estudo, foi coletada uma seção de 197cm de comprimento sedimentar. A metodologia de coleta seguiu uma sequência operacional estruturada em cinco etapas:

- (i) inserção vertical do equipamento no sedimento,
- (ii) rotação de 180° no sentido horário com o auxílio de uma manivela,
- (iii) estabilização do material coletado no interior da sonda,
- (iv) remoção do equipamento do substrato, e
- (v) rotação em sentido anti-horário para exposição do sedimento.

O segmento foi cuidadosamente armazenado em tubos de PVC, assegurando sua preservação e facilitando o transporte para análise posterior.

## 4.2. EXTRAÇÃO DOS PALINOMORFOS

Uma amostra da base do testemunho de 197 cm coletado na turfeira situada no topo da Serra da Canastra foi preparada para a análise palinológica. A preparação consiste na extração de palinomorfos do sedimento a partir de tratamento com reagentes químicos. O tratamento químico das amostras seguiu os métodos estabelecidos por Salgado-Labouriau (2007) e Bennet & Willis (2001). Para a remoção dos componentes indesejáveis, aplicou-se uma sequência padronizada de reagentes: inicialmente, hidróxido de potássio (KOH) foi utilizado para eliminar ácidos húmicos; em seguida, ácido clorídrico (HCl) foi empregado para a dissolução dos carbonatos; e, por fim, ácido fluorídrico (HF) foi aplicado para a remoção de sílica.

Após a etapa de tratamento químico, o material resultante foi montado em lâminas com gelatina glicerinada, destinadas à análise microscópica. Esporos de *Lycopodium clavatum* foram adicionados como marcadores exóticos, com a finalidade de permitir a estimativa da concentração absoluta dos grãos de pólen na amostra.

## 4.3. ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA

As análises palinológicas foram divididas em duas abordagens principais: qualitativa e quantitativa. A etapa qualitativa consistiu na identificação, descrição morfológica e registro fotográfico dos grãos de pólen, esporos e demais palinomorfos presentes na amostra analisada. Já a análise quantitativa concentrou-se na contagem sistemática dos grãos de pólen, esporos e algas, com o objetivo de determinar sua abundância relativa na amostra.

A identificação dos palinomorfos foi realizada em diferentes níveis taxonômicos — família, gênero ou espécie - conforme permitido pelas características morfológicas observadas. As análises foram conduzidas utilizando um microscópio óptico modelo Novel BM 2100, e a identificação taxonômica baseou-se na comparação com catálogos de referência específicos, no uso do software *Pollen Key* (Bush & Weng, 2006) e nas estampas fornecidas por Cassino (comunicação pessoal). O registro fotográfico dos palinomorfos foi efetuado por meio do *software* TCapture.

#### 4.4. TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Após as análises quantitativas e qualitativas, os dados foram interpretados focando em uma integração dos dados mencionados o referencial teórico e também dos dados da área de estudo a fim de uma melhor interpretação a partir de uma análise multidisciplinar.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1. ANÁLISE QUALITATIVA - IDENTIFICAÇÃO DOS PALINOMORFOS

##### **Análise morfológica dos grãos de pólen**

Durante a análise das lâminas teve-se como objetivo a identificação dos grãos de pólen, através das suas características morfológicas, de cada táxon: família e/ou gêneros, com seus adornos específicos. A identificação foi baseada principalmente por Laboriau (1973); Barth et al (2023) e Colinvaux et al (1999), além de inúmeras outras referências na qual foram citadas nas descrições.

Para a caracterização e descrição do pólen é obedecida uma sequência: **Unidade polínica** (mônade, tétrade ou políade); **Tamanho** (muito pequeno, pequeno, médio, grande, muito grande ou gigante); **Simetria** (assimétrico, bilateralmente simétrico ou radiossimétrico), **polaridade** (apolar, isopolar ou heteropolar), **Âmbito** (triangular ou circular), **Forma** (relação entre o Eixo Polar (P) e o Diâmetro Equatorial (E) baseados em Salgado-Labouriau, 1973), abertura (tipo (poro, colpo, colporo), quantidade) e as **Características da exina** (ornamentação e estratificação).

Durante a análise dos palinomorfos, além dos grãos de pólen, também foram encontrados esporos de pteridófitas e zigósporos de algas.

##### **Descrição dos Palinomorfos**

##### **Algas**

Classe Zygnemaphyceae

Ordem Zygnemales

Familia Zygnemataceae

Genero Debarya

*Debarya*

**Descrição:** Zigosporos formado por dois hemisférios radialmente simétricos, hialinos, providos de estrias finas, pouco perceptíveis e dispostas radialmente no centro

**Dimensões:** Diâmetro entre 45 - 50 µm

**Referências:** Macedo, 2009

**Hábito:** Alga

**Dados ecológicos:** gênero atribuído a ambientes de água doce e pouco profundas (Van Geel & Van der hammen, 1978)

**Esporos**

**Pteridofitas**

Classe Lycopodiopsida

Ordem Lycopodiales

Família Lycopodiaceae

Gênero *Lycopodiella*

*Lycopodiella*

**Descrição:** esporos subglobosos com sulco trifido

**Observações:** esporo de mesma família que o *Lycopodium*.

**Dimensões:** Diâmetro aproximadamente 40 µm

**Referências:** Macedo, 2009

**Hábito da planta:** Erva

**Dados ecológicos:** São plantas de zonas úmidas comum em regiões pantanosas, sua distribuição é cosmopolita.

**Polens**

**Angiospermas**

## **Monocotiletôneas**

Classe Magnoliopsida

Ordem Myrtales

Família Myrtaceae

Gênero *Myrceugenia*

*Myrceugenia*

**Descrição polínica:** Grão mônade, tamanho pequeno a médio, âmbito triangular, peroblato, 3-sincolporados, colpos longos e anastomosados nos polos, formando um pequeno triângulo no apocolpo, endoabertura com fastígio, exina escabrada.

**Dimensões:** diâmetro polar dos grãos: entre 8-12  $\mu\text{m}$ , diâmetro equatorial: entre 19 - 29  $\mu\text{m}$

**Referências:** Evaldt et al 2009

**Hábito da planta:** Arvore ou arbustos

**Dados ecológicos:** Presente em todas as fitofisionomias, com maior abundância nas matas de galeria (para a família Myrtaceae) e o gênero *Myrceugenia* tem sua ocorrência em locais com maior umidade (Setubal et al 2011).

Ordem Myrtales

Família Melastomataceae

Melastomataceae

**Descrição polínica:** Grão de pólen mônade, pequeno, isopolares, radiossimétricos, subprolatos, âmbito circular hexa-lobulado, tricolporado e ornamentação psilada.

**Dimensões:** diâmetro polar dos grãos: aproximadamente 15 $\mu\text{m}$ , diâmetro equatorial: entre 10 - 15  $\mu\text{m}$

**Referências:** Salgado-Labouriau, 1973.

**Hábito da planta:** Árvore e arbustos

**Dados ecológicos:** Distribuição Pantropical, especialmente comum em ambientes tropicais-montanos (Judd et al 2009).

## **Classe Liliopsida**

### **Subclasse Commelinidae**

Ordem Poales

Família Poaceae

Poaceae

**Descrição polínica:** Grão de pólen mônade, pequeno a grande, radioassimétrico, heteropolar, âmbito circular, esférico, monoporado, poro com ânulo e geralmente com opérculo. Sexina da mesma espessura que a nexina. Sexina psilada, escabrada ou granulada.

**Dimensões:** diâmetro polar dos grãos: entre 20 - 67  $\mu\text{m}$

**Referências:** Salgado-Labouriau, 1973.

**Hábito da planta:** Erva

**Dados ecológicos:** As Poaceas são ervas de distribuição cosmopolita, em desertos, ambientes marinhos e de água doce e em todos os outros tipos de ecossistemas (Judd et al., 2009).

Família Xyridaceae

Gênero *Xyris*

*Xyris*

**Descrição polínica:** Grão de pólen mônade, tamanho médio a grande, bilateralmente simétrico, heteropolar, âmbito retangular, dissulcado, superfície microreticulada.

**Dimensões:** Eixo equatorial: 52 - 55  $\mu\text{m}$ ; diâmetro polar dos grãos: 21-24  $\mu\text{m}$ ;

**Referências:** Cassino et al 2016

**Hábito da planta:** Erva

**Dados ecológicos:** As espécies do gênero *Xyris* são amplamente distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, e são características de áreas úmidas (Judd et al., 2009). Cento e seis espécies de *Xyris* foram descritas para o Cerrado, e em sua maioria ocorrem em Campo Úmido,

e Vereda mas também ocorrem em Campo Rupestre e também Matas de Galeria (Mendonça et al., 2008).

#### Família Cyperaceae

##### Cyperaceae

**Descrição polínica:** Grão de pólen mônade, médio, radiossimétrico, heteropolar, âmbito triangular de lados convexos, prolato a prolato-esferoidal a abertura é constituída por um poróide localizado no pólo distal e/ou por sulcos irregulares na região equatorial. Sexina psilada a escabrada.

**Dimensões:** diâmetro polar dos grãos: entre 30- 45  $\mu\text{m}$ , diâmetro equatorial: entre 25 - 40  $\mu\text{m}$

**Referências:** Salgado-Labouriau, 1973, Macedo, 2009

**Hábito da planta:** Erva

**Dados ecológicos:** As Ciperáceas são plantas de hábito herbáceo de distribuição cosmopolita, mas ocupam preferencialmente locais encharcados (Judd et al., 2009). As Ciperáceas são abundantes no Cerrado, e de acordo com Mendonça et. al (2008) elas são encontradas em Veredas, e nas Formações campestres do cerrado: Campo Sujo, Campo Limpo, Campo Rupestre.

#### Subclasse Asteridae

##### Ordem Asterales

#### Família Asteraceae

##### Asteraceae

**Descrição polínica:** grão mônade, tamanho médio, âmbito subtriangular, prolato-esferoidais, normalmente tricolporados,

**Dimensões:** P= 64 $\mu\text{m}$ ; Emaior= 98-117 $\mu\text{m}$ ; Emenor= 79-82 $\mu\text{m}$ ; exina= 3 $\mu\text{m}$ .

**Referências:** Macedo et al 2009

**Hábito da planta:** Herbácea, arbórea ou arbustiva

**Dados ecológicos:** As asteraceas são comuns em todos os ambientes do cerrado, são mais comuns em formações campestres (Campo rupestre, úmido, sujo e limpo), Cerrado (lato sensu) e Matas (Mendonça et al, 2008).

## **Dicotiledôneas**

### **Ordem Euphorbiales**

#### **Familia Euphorbiaceae**

##### *Gênero Acalypha*

**Descrição:** Grãos de polen mônades, pequenos, isopolares, radiosimétricos, âmbito circular, esféricos, tricolporados, exina tectada, columelada e ornamentação escabrada.

**Dimensões:** Diâmetro dos grãos: aproximadamente 20  $\mu\text{m}$

**Referências:** Macedo, 2009

**Hábito da planta:** Arbustos

**Dados ecológicos:** Comum em locais úmidos como Matas, típica de Mata Atlântica, e no cerrado ocorre em formações campestres (Campo sujo, úmido, limpo e úmido) e também no Cerradao (Mendonça et al, 2008).

##### *Gênero Alchornea*

**Descrição:** Grãos de pólen mônades, médios, isopolares, radiosimétricos, prolato-esferoidais, âmbito subtriangular, tricolporados (com opérculo característico), exina espessa, columelada e ornamentação psilada a escabrada.

**Dimensões:** diâmetro polar dos grãos: cerca de 30  $\mu\text{m}$ , diâmetro equatorial: cerca de 27  $\mu\text{m}$

**Referências:** Macedo, 2009

**Hábito da planta:** Arvore e arbusto

**Dados ecológicos:** Comum em florestas do Sul do Brasil, frequente em áreas abertas (Backes & Irgang 2002, Reitz et al. 1983). Comum em ambientes de mata ciliar, Mata Atlântica e nas fitofisionomias do cerrado ocorre em Campo rupestre e Cerrado (lato sensu) (Mendonça et al, 2008).

Ordem Ericales

Família Ericaceae

Ericaceae

**Descrição polínica:** Grão de polen tétrade, tétrades tetraédricas, 3-colpado, âmbito triangular, tamanho médio a grande, exina escabrada.

**Dimensões:** diâmetro dos grãos: entre 36-50  $\mu\text{m}$

**Referências:** Evaldt et al 2009

**Hábito da planta:** Subarbustos a árvore.

**Dados ecológicos:** Sua distribuição é cosmopolita, ocorrendo principalmente em terrenos de regiões temperadas a subtropicais (Kinoshita & Romao, 2012).

Ordem Lamiales

Família Lamiaceae

Gênero *Hyptis*

*Hyptis*

**Descrição polínica:** Grão de pólen mônade, tamanho médio, radiosimétrico, isopolar, âmbito circular, oblato a prolato, estefanocolpado, com seis colpos bem abertos em VP. Sexina mais espessa que nexina. Sexina com reticulação grossa, heterobrocada e com pilas irregularmente dispostas no interior dos lumens.

**Dimensões:** P= 43 $\mu\text{m}$ ; E= 28-40 $\mu\text{m}$ ; E (em VP)= 41 $\mu\text{m}$ ; exina= 1-2 $\mu\text{m}$ .

**Referências:** Salgado-Labouriau, 1973; Evaldt et al., 2009.

**Hábito da planta:** Erva, subarbusto, arbusto ou árvore

**Dados ecológicos:** Lamiaceae é uma família de distribuição cosmopolita (Judd et al., 2009). *Hyptis* é um gênero frequente no Cerrado (Souza & Lorenzi, 2008), mais de cem espécies,

herbáceas ou arbustivas, estão presentes, habitando principalmente as formações campestres (Mendonça et al., 2008). Algumas espécies ocorrem em veredas.

Ordem Caryophyllales

Família Amaranthaceae

Gênero *Amaranthus*

*Amaranthus*

**Descrição polínica:** Grão de pólen mônade, tamanho médio, radiossimétrico, apolares, esféricos, pantoporados com exina reticulada com retículos simples columelados.

**Dimensões:** Diâmetro entre 22 - 30  $\mu\text{m}$

**Referências:** Landi & Gasparino, 2017; Evaldt et al 2009

**Hábito da planta:** Geralmente ervas ou subarbustos

**Dados ecológicos:** Característica de ambientes áridos, está presente nos campos rupestres e no Cerrado (sensu lato) e também em veredas e campo úmido (Mendonça et al., 2008).

Ordem Apiales

Família Apiaceae

Gênero *Eryngium*

*Eryngium*

**Descrição polínica:** Grão de pólen mônade, médio, radiossimétrico, isopolar, perprolato, tricolporado, colpos longos e poros retangulares. Sexina mais espessa que a nexina. Sexina psilada.

**Dimensões:** diâmetro polar dos grãos: cerca de 50  $\mu\text{m}$ , diâmetro equatorial: entre 20 - 25  $\mu\text{m}$

**Referências:** Scherer & Lorscheitter, 2009; Leonhardt & Lorscheitter, 2008.

**Hábito da planta:** Erva

**Dados ecológicos:** *Eryngium* é um gênero da família Apiaceae. Essa família é uma das maiores famílias de angiospermas, é amplamente distribuída de regiões tropicais a temperadas (Judd et al., 2009). Os indivíduos desse gênero ocorrem em ambientes campestres e terrenos úmidos. Pertence ao Campo Sujo ou Campo Rupestre, por se tratar de um gênero arbustivo-herbáceo, em ambientes úmidos, como Brejos e Campo úmido (Mendonça et., al 2008).

Ordem Rosales

Família Cannabaceae

Gênero *Celtis*

*Celtis*

**Descrição polínica:** Grão de pólen mônade, radiossimétrico, isopolar, circular em vista polar, triporado, psilado, com espessamento anelar em torno dos poros. Columelas pouco evidentes.

**Dimensões:** Eixo polar: cerca de 26 µm. Eixo equatorial: 26-29 µm

**Referências:** Leonhardt & Lorscheitter 2008

**Hábito da planta:** Geralmente arvores ou arbustos, mas também ervas

**Observação:** A Família Cannabaceae no sentido de Judd et al. (2009) inclui os gêneros *Celtis* e *Trema*, anteriormente relacionados à Família Ulmaceae, além dos gêneros *Humulus* e *Cannabis*, entre outros.

**Dados ecológicos:** A família Cannabaceae é amplamente distribuída em regiões tropicais e temperadas (Judd et al., 2009). *Celtis* e *Trema* são táxons arbóreos que ocorrem no Cerrado.

Ordem Oxalidales

Família Cunoniaceae

Gênero *Weinmannia*

*Weinmannia*

**Descrição polínica:** Grão de polen mônades, isopolares, simetria radial, âmbito subcircular, tamanho pequeno, subprolatos, 3-colporados, superfície microreticulada

**Dimensões:** Eixo polar: cerca de 9 µm; Eixo equatorial: 10 µm

**Referências:** Barth & Misumi, 2023

**Hábito da planta:** Árvore

**Dados ecológicos:** De acordo com Sano et al 2008 a *Weinmannia* possui o hábito de árvore a arvoretas, e seu habitat no cerrado se caracteriza por Campo Rupestre, Mata de Galeria e Campo Úmido.

Ordem Sapindales

Família Anacardiaceae

Gênero *Astronium*

*Astronium*

**Descrição polínica:** Grão de polen mônade, tamanho médio, âmbito subprolato a prolato, 3-colporado, superfície reticulada-estriada.

**Dimensões:** Eixo equatorial: 13 – 34 µm; Eixo polar: 11 – 34 µm;

**Referências:** Salgado-Labouriau, 1973.

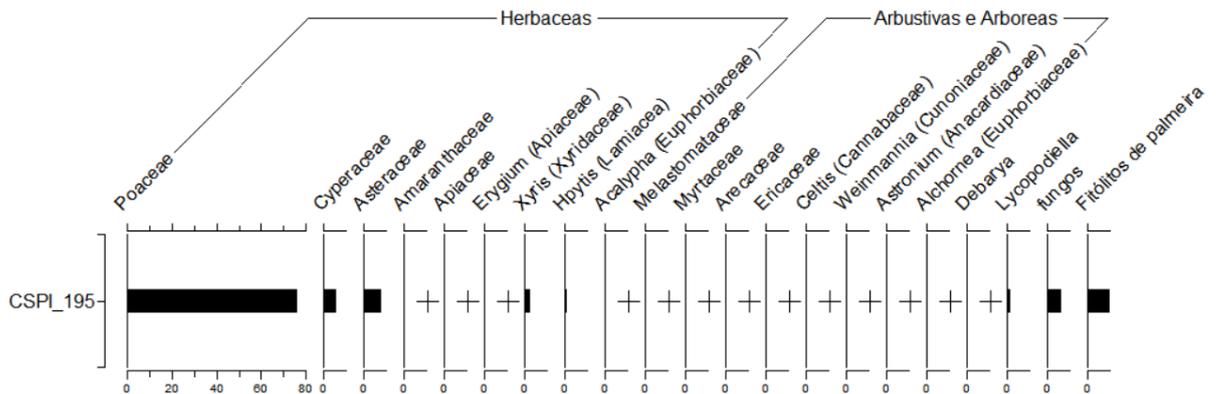
**Hábito da planta:** Árvore

**Dados ecológicos:** De acordo com Ribeiro & Walter (2008), o gênero *Astronium* está presente em inúmeros habitats do Cerrado, sendo elas Cerradão, Cerrado sentido restrito e nas Formações Florestais (Mata Ciliar, de Galeria, Seca).

## 5.2. ANÁLISE QUANTITATIVA

A análise palinológica da amostra CSPI-195 da base do testemunho sedimentar do córrego Retiro das Posses, resultou na identificação de 300 palinomorfos, dentre eles obteve-se 277 grãos de polens, 4 esporos, e duas algas. Também foram contados 27 fitólitos de palmeira. Após a contagem e análise dos grãos foi feito um diagrama polínico indicando a porcentagem e a concentração de cada táxon na amostra analisada, permitindo uma compreensão da proporção de cobertura vegetal de cada tipo de planta.

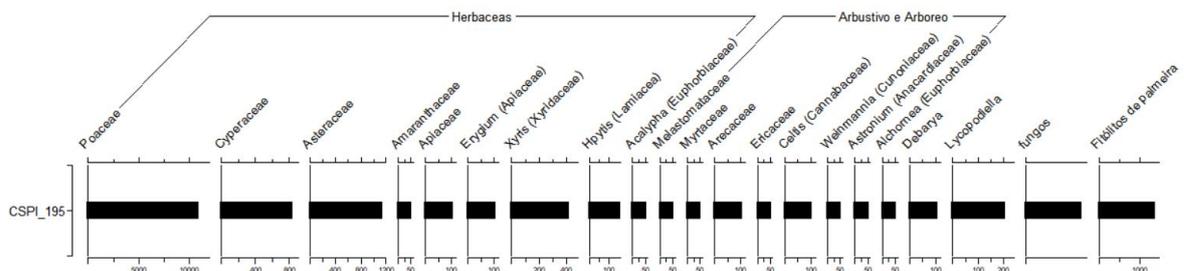
Figura 23 - Diagrama polínico indicando a quantidade de cada táxon da amostra CSPI\_195



Fonte: o autor

Para a análise de quantidades de palinomorfos foi feito um cálculo da porcentagem de grãos de cada táxon em relação ao número total de grãos, e teve-se como resultado uma maior porcentagem de Poaceae, sendo cerca de 75% do número total de grãos de pólen, seguidamente por 8% de Asteraceae e 5% de Cyperaceae, em maior porcentagem. De acordo com o gráfico, os táxons que possuem um percentual abaixo de 2% estão com um + indicando um menor número desses táxons. Além dos polens, também foram identificados esporos de *Lycopodiella*, Alga Debarya, fitólitos de Palmeira e Fungos (que não foram classificados neste trabalho). Dentre os 17 táxons analisados, 9 são plantas herbáceas e 8 arbustivo e arbóreo.

Figura 24 - Diagrama polínico indicando a concentração dos táxons na amostra CSPI\_195



Fonte: o autor

Com relação à concentração dos polens, foi feito um cálculo a partir de valores padronizados de *Lycopodium* (que são adicionados para estimar as concentrações dos tipos polínicos). Tendo então como resultados uma maior concentração de Poaceae (Cerca de 10.000 grãos de pólen por cm<sup>3</sup>), Cyperaceae e Asteraceae (>1.000 grãos de pólen por cm<sup>3</sup>), *Erygium*, *Xyris*, *Hyptis*,

Arecaceae e Apiaceae (>500 grãos de pólen por m<sup>3</sup>); seguidamente dos táxons em menor concentração (>100 grãos de pólen por m<sup>3</sup>): Myrtaceae, *Weinmannia* (Cunoniaceae), *Astronium* (Anacardiaceae), Amaranthaceae, Melastomataceae, *Acalypha* e *Alchornea* (Euphorbiaceae), Ericaceae.

Dentre os tipos polínicos e suas respectivas concentrações, pode-se analisar uma maior predominância, tanto em quantidade quanto em concentrações, de táxons herbáceos e uma menor quantidade de táxons arbustivos e arbóreos.

Entre os 17 tipos polínicos encontrados na amostra da base do testemunho sedimentar, todas pertencem às angiospermas. Dentre esses táxons identificados, as famílias as que apresentaram uma maior concentração no conjunto polínico são Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae. Quanto ao hábito das plantas, observou-se uma maior diversidade de grãos de pólen provenientes de espécies herbáceas, porém, muitas plantas das famílias Poaceae apresentam síndrome de polinização anemófila (polinizadas pelo vento, o que facilita a dispersão do pólen pelo ar), o que pode justificar as grandes concentrações dos seus grãos de pólen nos conjuntos polínicos. Mas ainda assim, apesar dessas características, ainda há maiores concentrações de plantas herbáceas do que arbustivo e arbóreo.

A análise do conjunto polínico permitiu identificar táxons amplamente distribuídos entre as diferentes fitofisionomias do Bioma Cerrado, assim como elementos com ocorrência restrita a determinadas fitofisionomias. A composição florística registrada na amostra revela padrões distintos entre os tipos de vegetação, possibilitando a discriminação dos conjuntos polínicos conforme a fitofisionomia. Observa-se, ainda, a presença de táxons com potencial valor indicativo, cuja ocorrência limitada os torna relevantes como marcadores ambientais. Esses dados contribuem de forma significativa para a interpretação paleoambiental, especialmente em estudos baseados em registros fósseis, nos quais a reconstituição da vegetação pretérita depende da fidelidade taxonômica e ecológica do registro polínico preservado.

### 5.3. DISCUSSÃO: INTERPRETAÇÃO PALEOECOLÓGICA

De acordo com Cole (1986), as características florísticas das paisagens resultam da interação de múltiplos fatores, entre os quais se destacam o clima, a pedologia e a geologia. A esses elementos somam-se ainda as variações de umidade, condicionadas tanto pela capacidade de retenção hídrica do solo quanto pela sazonalidade das precipitações (Munhoz, 2003). Além

disso, a topografia e a geomorfologia exercem influência indireta sobre a distribuição dos padrões vegetacionais, contribuindo para a heterogeneidade espacial da cobertura. Nesse contexto, a altura e a estratificação da vegetação são fortemente moduladas pelas condições de umidade do solo, enquanto a composição florística, em cada fitofisionomia, está relacionada, sobretudo, à disponibilidade de nutrientes (Cole, 1986; Emmerich, 1990).

E para determinar o tipo fitofisionômico dentre as formações do bioma Cerrado, nessa análise vamos considerar: os fatores geológicos/pedológicos (e suas características físico-químicas), uma chave dicotômica para a determinação do tipo fitofisionômico, e, também uma correlação com os atuais táxons encontrados na região para compreender como se deu a evolução da vegetação e suas características.

### 5.3.1 Pedologia e Geologia

De acordo com a relação feita em capítulos anteriores, o solo na região estudada se caracteriza por um Neossolo Litólico distrófico, porém além do local amostrado ser em um Neossolo Litólico distrófico, deve-se levar em conta a ampla distribuição territorial que a polinização eólica apresenta, sendo depositadas a amplas distâncias, podendo representar vegetações de outros tipos de solo em uma região. E na Serra da Canastra podemos identificar outros tipos de solo além do Neossolo Litólico distrófico, que são: Plintossolo Argiluvico distrófico, Cambissolo Háplico e Latossolo vermelho distrófico.

E para compreender e fazer uma correlação dos tipos de solos e seus tipos fitofisionômicos, a partir do estudo de Sano et al. (2008), foi elaborada uma tabela a fim de relacionar esses tipos fitofisionômicos com os solos.

Tabela 4 - Tabela relacionando os tipos de solos encontrados na região com o tipo fitofisionômico do cerrado e as características físicoquímicas do solo

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Tipo fitofisionômico do cerrado</b>	<b>Umidade do solo e nutrientes</b>
Neossolo Litólico distrófico	Campo Rupestre/Cerrado Rupestre	Solos rasos, pouco desenvolvidos, horizonte A sob o C, bem drenados e baixa retenção de água, baixa saturação em base
Plintossolo Argiluvico distrófico	Parque de Cerrado/ Campo sujo/ Mata de Galeria/Mata Ciliar/	Solo desenvolvido, com presença de argila e úmido. Maior quantidade de nutrientes sendo associadas a rochas

		Campo Limpo/ Campo Rupestre/ Vereda/ Cerrado ralo	máficas, com maiores teores de ferro e minerais máficos
Cambissolo distrófico	Haplico	Cerrado típico/ Cerrado Ralo/Cerrado Rupestre/ Mata de galeria	Solo subdesenvolvido a desenvolvido, intermediária retenção de água pela presença de argila, baixa fertilidade
Latossolo distrófico	Vermelho	Cerradao/Cerrado denso/Cerrado Tipico/ Mata Seca	Solos bem desenvolvidos, muito intemperizados, boa drenagem, baixa saturação em bases, alta lixiviação

A partir da Tabela 3 acima fazendo a correlação com o tipo de solo, o tipo fitofisionômico do Cerrado e as características físico-química dos solos, podemos interpretar que de maneira geral a Serra da Canastra se associa a formações campestres. Quando associadas a solos pouco desenvolvidos (Neossolos Litólico distróficos, Cambissolos haplicos) há uma maior presença de estratos herbáceos, pela presença de solos pouco desenvolvido e uma baixa disponibilidade de nutrientes (distróficos) e água, e quando associada a solos mais desenvolvidos (Latossolos Vermelhos, Plintossolos Argiluvicos) há uma maior presença de estratos arbustivo e arbóreo, pela presença desses solos mais desenvolvidos e mais espessos e pela maior disponibilidade de água (quando associados a drenagens) e nutrientes.

### 5.3.2 Chave de identificação dos tipos fitofisionômicos do Cerrado

Baseado em Ribeiro et al. (1983) e Ribeiro et al. (2008), para determinar o tipo fitofisionômico do Cerrado são analisados e utilizados alguns parâmetros, que são: estrutura da vegetação (altura, estratificação, percentagem de cobertura arbórea) e as características do solo (graus de umidade, profundidade e afloramento de rochas).

Para a amostra CSPI-195, os estratos encontrados dentre os táxons representado pela assembleia polínica foram: 9 táxons Herbáceo, 8 táxons arbustivos e arbóreos. Totalizando >50% de estrato herbáceo e >50% arbustivo-arbóreo. São eles: **Táxons de estrato herbáceo:** Poaceae,

Cyperaceae, Asteraceae, Amaranthaceae, Apiaceae, *Eryngium* (Apiaceae), *Xyris* (Xyridaceae), *Hyptis* (Lamiaceae), *Alcalypha* (Euphorbiaceae); **Táxons de estrato arbustivo e arbóreo:** Melastomataceae, Myrtaceae, Arecaceae, Ericaceae, *Celtis* (Cannabaceae), *Weinmannia* (Cunoniaceae), *Astronium* (Anacardiaceae), e *Alchornea* (Euphorbiaceae)

Além da relação de porcentagem dos estratos da vegetação, deve-se levar em conta a sua concentração dentro do conjunto polínico, tendo uma maior concentração presente nas plantas herbáceas e menor nas arbustivo e arbóreo.

Os autores Ribeiro & Walter (2008), que abordam as principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado, elaboraram uma chave dicotômica para a determinação do tipo fitofisionômico (que foi baseado em Ribeiro et al 1983), que teve como parâmetros principais a altura das plantas, levando em conta as arvores com altura superior a 2m, arbusto entre 1 a 2m, e herbáceas abaixo de 0,5m, além também relação de porcentagem de cobertura herbácea e arbórea.

A chave dicotômica de Ribeiro & Walter (2008) caracteriza da seguinte forma os tipos fitofisionômicos do Cerrado:

1. Formação savânica ou campestre>Estrutura de savana. Flora predominantemente arbóreo-arbustiva, espalhada sobre o estrato herbáceo, que pode ser destacado. Cobertura arbórea de 5% a 70%. Dossel, se presente, geralmente descontínuo>Apenas em terrenos bem drenados>Flora arbórea composta por diversas espécies, principalmente dicotiledôneas>Cobertura arbórea inferior a 50 %. Altura média do estrato arbóreo de 2 m a 6 m. Nunca forma dossel contínuo. Estrato arbóreo com indivíduos predominantemente tortuosos>Cobertura arbórea de 5% a 20%. Estrato arbóreo pouco denso. Altura média do estrato arbóreo de 2 m a 4 m>Arvores e arbustos crescem em locais onde há afloramentos de rocha característicos, com pouco ou nenhum solo. Flora com elementos característicos, adaptada ao ambiente rupícola ... **Cerrado Rupestre**
2. Floresta sem associação com cursos de água definidos> Estrutura de savana. Flora predominantemente arbóreo-arbustiva, espalhada sobre o estrato herbáceo, que pode ser destacado. Cobertura arbórea de 5% a 70%. Dossel, se presente, geralmente descontínuo>Em terrenos mal drenados, ou terrenos mal drenados com locais bem drenados> Com arbustos ou poucas arvoretas

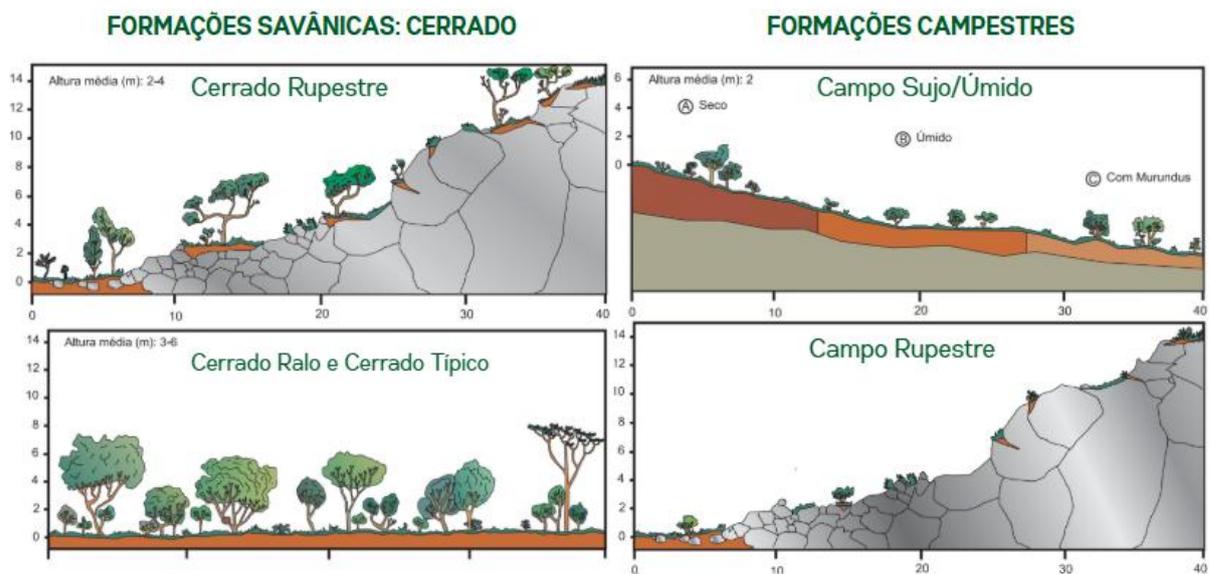
isoladas> Arbustos crescem em áreas com algum solo, e não em afloramentos de rocha. Flora com elementos de Cerrado (sentido restrito)> Arbustos crescem diretamente nas fendas de afloramentos de rocha, em trechos com pouco ou nenhum solo. Flora característica com muitos endemismos> **Campo Rupestre**

3. Floresta sem associação com cursos de água definidos> Estrutura de savana. Flora predominantemente arbóreo-arbustiva, espalhada sobre o estrato herbáceo, que pode ser destacado. Cobertura arbórea de 5% a 70%. Dossel, se presente, geralmente descontínuo>Em terrenos mal drenados, ou terrenos mal drenados com locais bem drenados> Com arbustos ou poucas arvoretas isoladas> Somente terrenos bem drenados > **Campo Sujo**
  
4. Estrutura de savana. Flora predominantemente arbóreo-arbustiva, espalhada sobre o estrato herbáceo, que pode ser destacado. Cobertura arbórea de 5% a 70%. Dossel, se presente, geralmente descontínuo>Apenas em terrenos bem drenados >Flora arbórea composta por diversas espécies, principalmente dicotiledôneas>Cobertura arbórea inferior a 50 %. Altura média do estrato arbóreo de 2 m a 6 m. Nunca forma dossel contínuo. Estrato arbóreo com indivíduos predominantemente tortuosos>Cobertura arbórea de 5% a 20%. Estrato arbóreo pouco denso. Altura média do estrato arbóreo de 2 m a 4 m>Arvores e arbustos crescem sobre solos com pouca profundidade, mas com ausência de afloramentos de rocha. Flora típica do Cerrado> **Cerrado Ralo**
  
5. Formação savânica ou campestre> Formação savânica ou campestre> Estrutura de campo. Flora predominantemente herbáceo arbustiva. Cobertura arbórea ausente ou sem destaque> Com arbustos ou poucas arvoretas isoladas.> Arbustos crescem em áreas com algum solo, e não em afloramentos de rocha. Flora com elementos de Cerrado (sentido restrito)> Terrenos mal drenados ou bem drenados apenas em ligeiras elevações concêntricas> Somente solos mal drenados> **Campo Sujo Úmido**
  
6. Formação savânica ou campestre> Estrutura de savana. Flora predominantemente arbóreo-arbustiva, espalhada sobre o estrato herbáceo, que

pode ser destacado. Cobertura arbórea de 5% a 70%. Dossel, se presente, geralmente descontínuo>Apenas em terrenos bem drenados>Flora arbórea composta por diversas espécies, principalmente dicotiledôneas >Cobertura arbórea inferior a 50 %. Altura média do estrato arbóreo de 2 m a 6 m. Nunca forma dossel contínuo. Estrato arbóreo com indivíduos predominantemente tortuosos>Cobertura arbórea de 20% a 50%. Estrato arbóreo destacado. Altura média do estrato arbóreo de 3 m a 6 m> **Cerrado Típico**

A partir das identificações através da chave dicotômica chegou a alguns tipos fitofisionômicos, que são eles: **Cerrado Rupestre, Cerrado Ralo e Campo Sujo Úmido, Cerrado Típico**. E a fim de melhor ilustrar essas fitofisionomias encontradas, foi retirado desse trabalho de Ribeiro & Walter, 2008.

Figura 25 - Principais fitofisionomias encontradas a partir da chave dicotômica.



Fonte: Adaptado de Ribeiro & Walter, 2008

De uma maneira geral, a Serra da Canastra, por possuir rochas mais resistentes ao intemperismo, gera solos pouco espessos, como o Neossolo Litólico distrófico, e devido a essa característica a região tende a não desenvolver grandes árvores, que necessitam de um perfil de solo maior. Além de Cambissolos, que possuem o horizonte A maior, como os latossolos, para desenvolver profundas raízes. E como pode ser observado, com a análise palinológica e o hábito da maioria dos táxons identificados, há uma predominância de vegetação de estrato herbáceo que se desenvolve em solos menos espessos.

Quanto à geomorfologia da Serra da Canastra, ela se caracteriza em regiões mais altas e maior porcentagem de cobertura da área, com solos pouco desenvolvidos, pela sua composição quartzítica e arenosa, e em vales (associados a drenagens) em menor porcentagem de cobertura da área, quando associados a rochas mais finas e máficas, metabasitos.

### 5.2.3 Correlação com estudos da Serra Negra e Salitre

Quando comparamos a assembleia polínica da Serra Negra com a da amostra analisada da Serra da Canastra podemos observar semelhanças como altos valores de Poaceae e Cyperaceae. E quando correlacionamos o diagrama polínico desse estudo podemos ver táxons em comum como os táxons de vegetação adaptada ao frio: *Weinmannia*, Ericaceae; de vegetação comum tanto no Cerrado quanto em florestas tropicais: Arecaceae, *Celtis*, Melastomataceae e Myrtaceae (táxon também tolerante ao frio); de vegetação herbácea: Amaranthaceae, Asteraceae, Cyperaceae, *Eryngium*, *Hyptis*; e de vegetação aquática: Alga *Debarya*. A presença de táxons de vegetação adaptada ao frio como a *Weinmannia* indica um clima mais frio que o atual na época do início da instalação da turfeira, representada pela amostra analisada. E a fim de uma possível inferência de idade do testemunho, com base na ocorrência do táxon *Weinmannia*, podemos chegar a idades próximas à 60.000 anos.

E ao comparar com o estudo de Salitre, que abrange os últimos 50.000 anos, também encontram-se táxons semelhantes como Poaceae e Cyperaceae (em maior número) e também *Celtis* e Myrtaceae, que são características de florestas semidecíduas, com invernos secos e temperatura entre 10° e 15°.

Fazendo uma correlação com os dois estudos e a assembleia polínica analisada durante esse estudo, podemos inferir quanto ao clima e umidade uma época com o clima mais frio pela presença de táxons tolerantes ao frio, *Weinmannia*, Ericaceae e Myrtaceae, e também clima úmido pela presença de táxon aquático, como a presença de algas (*Debarya*), e associados a ambientes úmidos, (*Lycopodiella*, Myrtaceae, *Xyris*, Cyperaceae, Euphorbiaceae, *Eryngium*), encontradas na assembleia analisada. Com esses táxons representativos de ambientes, podemos interpretar uma vegetação do Cerrado adaptada ao clima úmido e frio, dentre os ciclos glaciais do período quaternário.

#### 5.2.4 Correlação com os atuais táxons

Para entender a evolução da vegetação da Serra da Canastra, foi feita uma comparação do estudo de Romero (1999) sobre táxons atuais endêmicos da serra com os da assembleia polínica analisada. Pode-se observar que alguns dos táxons presentes no passado e também estão presentes hoje na serra como: Apiaceae, Asteraceae, Ericaceae, Lamiaceae e Melastomataceae. Além do comparativo com esse estudo de Romero (1999), foi estabelecido uma relação com base em dados do acervo do herbário online: Species link-site que contém um acervo online de herbários de todo o Brasil, com os dados dos táxons, como: localização de coleta da planta, classificação GBIF, endemismo, origem, forma de vida, com os táxons coletados por pesquisadores na Serra da Canastra. Buscando pelas famílias e/ou gênero no site podemos ver os táxons que estão presentes atualmente na serra: Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Ericaceae, Arecaceae, Lamiaceae e *Xyris*. Dentre os táxons da assembleia polínica analisada e os atuais da Serra da Canastra pode se observar a não presença do táxon tolerante ao frio: *Weinmannia*, indicando então que o clima no passado era mais frio que o atual.

## 5. CONCLUSÃO

A partir da análise dos palinomorfos: Grãos de polén, esporos e algas, e uma correlação das características da área de estudo: relação entre o solo com a vegetação, e chave dicotômica para a determinação do tipo fitofisionômico do bioma Cerrado, possibilitou a reconstrução das paisagens da Serra da Canastra. E com base na análise multifatorial/multidisciplinar pode-se compreender que a área possui mais de uma fitofisionomia. De uma maneira geral, obteve-se em maior quantidade, as Formações campestres, que são característicos de regiões com solos pouco espessos, permitindo o desenvolvimento de plantas herbáceas, mas também em regiões com maior lixiviação, gerando solos mais espessos, e/ou solos úmidos que possibilitou o desenvolvimento de vegetações mais arbustiva e arbórea (em menor quantidade e concentração).

Além da determinação das fitofisionomias, foi correlacionado os táxons encontrados durante as análises com os estudos palinológicos anteriores semelhantes próximos a Serra da Canastra, Serra Negra e Salitre. E a partir dessa relação foi interpretado para um passado, não datado, na Serra da Canastra um clima mais frio que o atual (Subquente úmido) pela presença de táxon tolerante ao frio, comum entre os estudos feitos, e úmido pela presença de táxons característicos, e poucas espécies de ambientes áridos.

A partir dos dados obtidos e das relações feitas, pode-se interpretar que na época de início de instalação da turfeira estudada predominavam-se formações campestres adaptadas ao clima frio e úmido, e também uma possível idade de 60.000 anos. Compreendendo então que desde o período quaternário o clima da região vem esquentando, e mantendo ainda sua umidade pelo alto índice de pluviosidade e a preservação das bacias hidrográficas da Serra da Canastra por ser uma Unidade de Conservação preservada.

Os dados obtidos a partir do testemunho do Córrego Retiro das Posses representam um registro valioso das interações entre o clima e a vegetação do domínio do Cerrado. Apesar das limitações decorrentes da resolução temporal da análise polínica, os resultados desta pesquisa oferecem contribuições relevantes para a compreensão da resiliência e da vulnerabilidade dos ecossistemas brasileiros frente às mudanças climáticas ocorridas no passado. Essas informações são especialmente significativas considerando que a Serra da Canastra é uma Unidade de Conservação, cujo objetivo fundamental, segundo sua categoria de manejo, é “a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas, atividades de educação e interpretação ambiental, de

recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico”. A relevância da Serra da Canastra se reforça pelo fato de a região abrigar elevada diversidade biológica, incluindo espécies endêmicas, e por contemplar, em um único território, a variedade de fitofisionomias típicas do Cerrado. Além disso, desempenha papel estratégico na recarga hídrica, alimentando bacias hidrográficas de importância nacional, como as dos rios São Francisco e Grande.

Portanto, este estudo contribui não apenas para o avanço do conhecimento científico sobre as interações entre clima e vegetação no Cerrado, mas também para subsidiar ações voltadas à conservação de uma área de elevada importância biológica e hídrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACKES, A.; IRGANG, B. Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002.
- BARTH, O. M.; MELHEM, T. S. Glossário ilustrado de palinologia. Campinas: UNICAMP, 1988.
- BARTH, O. M.; MELHEM, T. S.; BARTH, A. L. A. Catálogo de pólen e esporos de plantas brasileiras. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, 2023.
- BARTH, O. M.; MISUMI, S. Y. Palinologia aplicada: técnicas e interpretações em estudos ambientais e geológicos. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, 2023.
- BAUERMANN, S. G.; DAMASCENO, J. M.; THOMAZINI, A. Palinomorfos e paleoambientes da Formação Solimões, sudoeste da Amazônia. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 5, n. 1, p. 45–54, 2002.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 99, p. 143–156, 1998.
- BEHLING, H.; NEGRELLE, R. R. B. Tropical rainforest and climate dynamics of the Atlantic lowland, southern Brazil, during the late Quaternary. *Quaternary Research*, v. 56, p. 383–389, 2001.
- BRADLEY, R. S. Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1999. 613 p.
- BUSH, M. B.; SILMAN, M. R.; URREGO, D. H. 47,000 years of vegetation history in the lowland Neotropics. *Science*, v. 303, p. 827–829, 2004.
- BUSH, M. B.; WENG, M. B. Introducing a new (freeware) tool for palynology. *Journal of Biogeography*, v. 34, p. 377–380, 2006.
- CASSINO, R. F.; SANTOS, R. M.; BARBOSA, A. C. Palinologia de turfeiras do Cerrado mineiro: indicadores paleoambientais. *Geonomos*, v. 24, n. 2, p. 57–68, 2016.
- COLE, M. M. The savannas: biogeography and geobotany. London: Academic Press, 1986.

- COLINVAUX, P. A.; DE OLIVEIRA, P. E.; MORENO, J. E. Amazon Pollen Manual and Atlas. Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 1999. 332 p.
- CRUZ, F. W.; BURNS, S. J.; KARMANN, I.; SHARP, W. D.; VUILLE, M. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature*, v. 434, p. 63–66, 2005.
- CRUZ, F. W. et al. A stalagmite record of Holocene climate in subtropical Brazil. *Geophysical Research Letters*, v. 33, L23706, 2006.
- CRUZ, F. W. et al. Orbital and millennial-scale precipitation changes in Brazil from speleothem records. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 248, p. 494–506, 2007.
- DE OLIVEIRA, P. E.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian Caatinga. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 18, p. 195–206, 2005.
- DE OLIVEIRA, P. E.; PINAYA, J. L. D.; RACZKA, M. F.; McMICHAEL, C. N. H.; BUSH, M. B. Climate change and biogeographic connectivity across the Brazilian cerrado. *Journal of Biogeography*, v. 46, n. 12, p. 2559–2573, 2019.
- DIAS, L. G. Palinologia: estudo de grãos de pólen e esporos. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.
- DURIGAN, G. et al. Plantas do Cerrado: guia de identificação e ecologia. São Paulo: Instituto Florestal, 2018.
- EMMERICH, M. Vegetação e clima no Brasil central durante o Quaternário. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 20, n. 2, p. 133–138, 1990.
- EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G.; MACEDO, R. B. Palinologia de turfeiras do Quaternário tardio no Rio Grande do Sul. *Iheringia, Série Botânica*, v. 64, n. 1, p. 35–50, 2009.
- FAEGRI, K.; IVERSEN, J. Textbook of pollen analysis. 4. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1989.
- FRENGUELLI, G.; MINCIGRUCCI, G.; BRICCHI, E.; ROMANO, B. Pollini allergenici: morfologia e aspetti microscopici. *Giornale Italiano di Allergologia e Immunologia Clinica*, v. 1, p. 389–401, 1991.

- HEINECK, C. A.; PEREIRA, A. B.; LIMA, L. C. Palinologia: princípios e aplicações. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. Sistemática vegetal: uma abordagem filogenética. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- KALAND, P. E.; BIRKS, H. H.; MOE, D. Ecological aspects of peat stratigraphy and pollen analysis. Oslo: Norwegian University Press, 1984.
- KINOSHITA, L. S.; ROMÃO, G. O. Diversidade de angiospermas no Brasil: análise e conservação. São Paulo: UNESP, 2012.
- LABOURIAU, M. L. Salgado. Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1973.
- LAHNER, L. et al. Relatório de Reconhecimento Geológico-Geofísico: Serra da Canastra – Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 1975. (Convênio Geofísica Brasil-Alemanha).
- LANDI, R.; GASPARINO, D. Manual de ecologia e biodiversidade. Curitiba: CRV, 2017.
- LEDRU, M. P. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 123, p. 239–257, 1996.
- LEONHARDT, A.; LORSCHREITER, M. L. Registros palinológicos da vegetação e clima do Quaternário no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 31, n. 3, p. 567–578, 2008.
- MACEDO, R. B. Análise palinológica de um testemunho holocênico em Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. 2009. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 2009.
- MENDER, L.; PUNYASENA, S. W. Pólen e esporos fósseis em paleoecologia. In: CROFT, D. A. et al. (org.). *Métodos em paleoecologia*. Springer, 2018. cap. 11.
- MENDER, M. A.; SILVA, R. P.; COSTA, L. M. Análise palinológica de sedimentos holocênicos da planície costeira do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 21, n. 3, p. 345–358, 2018.
- MENDER, W. et al. Palynology and paleoenvironmental reconstruction: methods and applications. *Quaternary International*, v. 488, p. 3–15, 2018.

- MENDONÇA, R. C. et al. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (org.). *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 421–1279.
- MEYER, K. D.; OLIVEIRA, J. F.; SANTOS, M. C. Padrões de distribuição polínica em áreas de floresta estacional semidecidual no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 28, n. 2, p. 234–245, 2014.
- MEYER, K. M. et al. Paleoecological insights into biomass and vegetation changes in South American savannas. *Journal of Biogeography*, v. 41, p. 1–12, 2014.
- MOORE, P. D.; WEBB, J. A.; COLLINSON, M. E. Pollen analysis. 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991.
- OLIVEIRA, Paulo. Climate change and biogeographic connectivity across the Brazilian cerrado. *Journal of Biogeography*, São Paulo, p. 1–12, 18 mar. 2025.
- PALEOCLIMATOLOGIA: reconstrução paleoclimática a partir de registros de pólen quaternário longos. In: BRADLEY, R. Paleoclimatology. [S. l.]: Elsevier, 2015. cap. 12, p. 405–451.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S. G. M.; RIBEIRO, J. F. Flora of the Brazilian Cerrado: a review. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 142, n. 3, p. 231–274, 2003.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. *Sellowia*, v. 35, p. 1–525, 1983.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T.; SAMPAIO, A. B. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. Brasília: EMBRAPA, 1983.
- RIBEIRO, J. F. et al. Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008.
- ROMERO, R.; NAKAJIMA, J. Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 22, n. 2, p. 259–265, 1999.
- ROUBIK, D. W.; MORENO, J. E. Pollen and spores of Barro Colorado Island. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1991.
- RULL, V. Pollen morphology of selected neotropical plant taxa and its importance for paleoecological studies. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 123, p. 1–23, 2003.

- SALGADO-LABOURIAU, M. L. Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1973.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. Reconstruindo ambientes: paleobotânica e palinologia. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. História ecológica da Terra. São Paulo: Edusp, 2007.
- SCARIOT, A.; SILVA, J. C.; FELFILI, J. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- SCHEEL-YBERT, R. Introdução à datação por radiocarbono. In: LIMA, H. A.; OLIVEIRA, F. M. (org.). *Métodos de datação e sua aplicação na Arqueologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 1999. p. 17–30.
- SCHERER, C. M. S.; LORSCHREITER, M. L. Pólen e paleoambientes da região Sul do Brasil no Holoceno. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 12, n. 3, p. 147–160, 2009.
- SCOTT, A. C. et al. *Fire on Earth: an introduction*. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.
- SCOTT, L.; NEUMANN, F. H.; BROOK, G. A.; BOUSMAN, C. B.; NORSTRÖM, E.; METWALLY, A. Terrestrial fossil-pollen evidence of climate change during the last 26 thousand years in Southern Africa. *Quaternary Science Reviews*, v. 32, p. 100–118, 2013.
- SETUBAL, R. B.; PEREIRA, E.; OLIVEIRA, P. E. Palinologia aplicada à reconstituição paleoambiental do Holoceno no Brasil Central. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 14, n. 2, p. 103–116, 2011.
- SILVA, F.; ASSAD, E.; STEINKE, E.; MÜLLER, A. Agricultura tropical: Cerrado. In: *Clima do Bioma Cerrado*. [S. l.: s. n.], [2005?]. p. 93–148.
- SOUZA, C. R. G. et al. Mudanças climáticas e registros sedimentares no Brasil durante o Quaternário. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 4, p. 439–450, 2005.
- SOUZA, C. R. G. de et al. (org.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.
- SOUZA, S. R.; OLIVEIRA, A. O.; HARTMANN, C. Utilização do Testemunhador Russian Peat Borer no Saco do Martins e Arraial, Estuário da Laguna dos Patos: RS, Brasil. *Gravel*, v. 6, p. 1–13, 2008.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

SUGIHARA, N. G.; VAN WAGTENDONK, J. W.; FITES-KAUFMAN, J. Fire as an ecological process. *Fire California's Ecosystems*, p. 58–74, 2006.

TRAVERSE, A. Spores/pollen morphology. In: TRAVERSE, A. *Paleopalynology*. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2007. cap. 5, p. 95–95.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. Sistema de Bibliotecas e Informação: guia para normalização de trabalhos acadêmicos. 3. ed. Ouro Preto, 2023. Disponível em: <http://www.sisbin.ufop.br/servicos/normalizacao>. Acesso em: 11 mar. 2025.

VALADÃO, R. C. Palinologia e paleoambientes do Quaternário da planície costeira do sul do Brasil. 2018. Dissertação (Mestrado em Geociências) – UFRGS, Porto Alegre, 2018.

VAN GEEL, B.; VAN DER HAMMEN, T. Zygnemataceae in Quaternary colluvial deposits in The Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 25, p. 377–391, 1978.

WALKER, R. G. (Ed.). *Facies models*. 2. ed. St. John's: Geological Association of Canada, Geoscience Canada Reprint Series 1, 1984. 317 p

# Apêndice 1 – Prancha de foto

Figura 26 - 1A- Alga Debarya ; 2A - Esporo de Lycopodiella

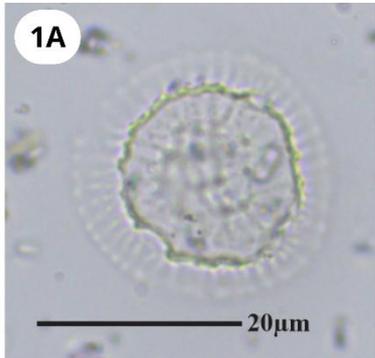


Figura 27 - 3A- Mytaceae; 4A- Melastomataceae; 5A-Poaceae; 6A- Xyris

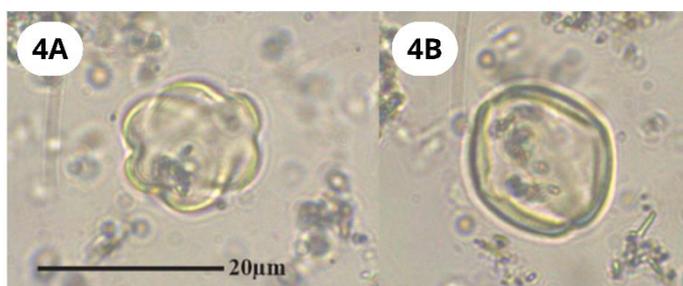
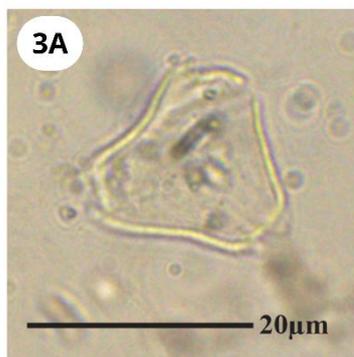


Figura 28 - 7A-Cyperaceae; 8A-Asteraceae;9A-Alcalypha; 10A -Alchornea; 11A-Ericaceae

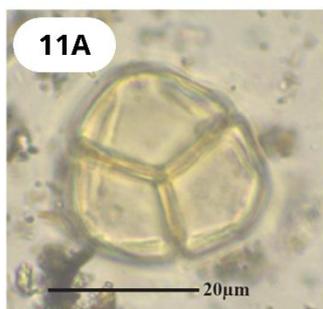
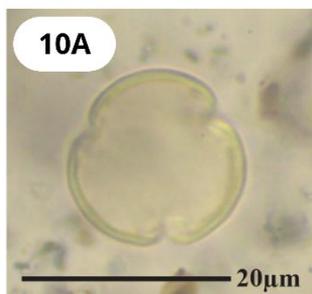
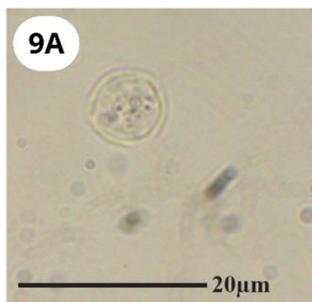
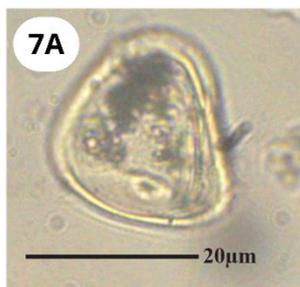


Figura 29 - 12A- Hyptis; 13A-Amaranthaceae; 14A- Eryngium (Apiaceae); 15A-Arecaceae

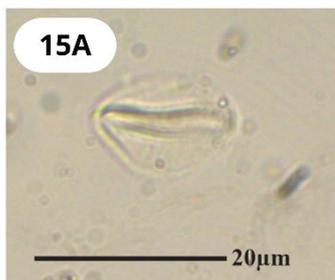
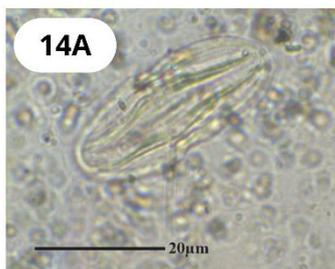
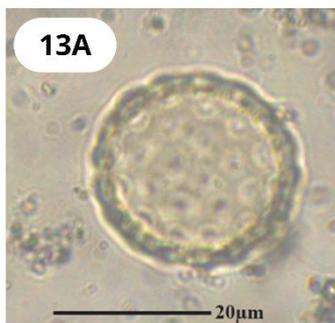
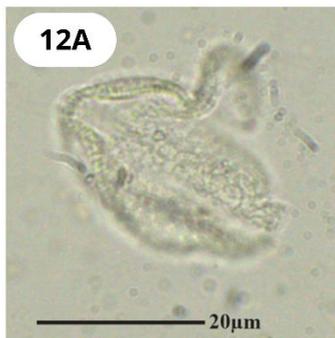


Figura 30 - 16A-Celtis (Cannabaceae); 17- Weinmannia (Cunoniaceae)A- vista polar,B- vista equatorial; 18-Astronium (Anacardiaceae) A-vista equatorial,B-vista polar; 19A-Apiaceae

