



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



DAIANY GOLOVATI

**MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS OCORRIDAS DURANTE O HOLOCENO  
NOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE-PR**

Maringá  
2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



DAIANY GOLOVATI

**MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS OCORRIDAS DURANTE O HOLOCENO  
NOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração em Análise Ambiental, da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Professor orientador: Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto

Maringá  
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

G628m Golovati, Daiany  
Mudanças paleoambientais ocorridas durante o holoceno nos municípios de Campo Mourão e Cianorte - PR / Daiany Golovati. -- Maringá, 2015.  
68 f. : il. color., figs., tabs., mapas

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2015.

1. Paleoambientais - Campo Mourão (PR) - Cianorte (PR). 2. Holoceno - Campo Mourão (PR) - Cianorte (PR). 3. Paleovegetação. 4. Fitólitos. 5. Isótopos de carbono. I. Gasparetto, Nelson Vicente Lovatto, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD 21.ed.551.698162

ECSL

MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS OCORRIDAS DURANTE O HOLOCENO NOS  
MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE-PR

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, linha de pesquisa Análise Ambiental

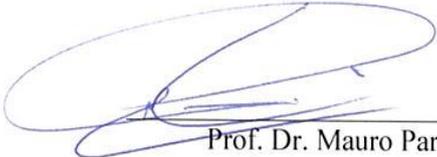
Aprovada em 24 de março de 2015.

BANCA EXAMINADORA



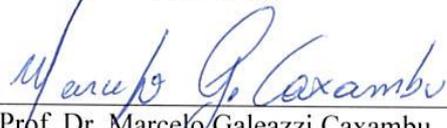
---

Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto  
Orientador - UEM  
Universidade Estadual de Maringá



---

Prof. Dr. Mauro Parolin  
Membro convidado  
PGE/UEM



---

Prof. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambu  
Membro convidado  
UFTPR/C.M.

*Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Salete G. Golovati e a todos que me ajudaram nesta trajetória.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço à minha família que não mediram esforços para a minha formação, por estarem a postos sempre que precisei.

Ao Michael Luiz Pereira por estar sempre por perto oferecendo seu apoio.

Ao professor Jefferson Q. Crispim que me inseriu nesta trajetória, e não mediu esforços para me encaminhar.

Ao professor Mauro Parolin que nunca mediu esforços para a realização desse trabalho.

Ao meu orientador professor Nelson V. L. Gasparetto pela paciência e ensinamentos.

Ao professor Marcelo G. Caxambú pelas considerações na banca de qualificação.

Ao professor Vitor A. Borsatto pelo fornecimento de dados da Estação Climatológica de Campo Mourão e ensinamentos.

Aos professores Ricardo Töws, Eloisa P. Parolin e Marcos Bovo pelos ensinamentos durante a graduação. Da mesma forma, agradeço a todos os professores do curso de Geografia da Unespar – Campus Campo Mourão, pelos ensinamentos.

Ao pessoal do Lepafe: Dandara Carlessi, Elaine C. Z. Kalinovski, João Cláudio A. Santos, Leandro D. Luz, Maísa J. Kaust, Mayra Stevanato. Em especial à Mayara R. Monteiro por me ajudar com os fitólitos e os plates, e a Giliane G. Rasbold por me ajudar com os fitólitos. Estes foram como uma família durante a minha estadia no laboratório.

Ao pessoal do Gema (UEM): Vitor Biffi e Ruan D. Borralho pela elaboração dos mapas. Ao Miguel B. Terassi pelo fornecimento dos dados climatológicos de Cianorte. À amizade destes nos momentos de pressão e companhia para almoços divertidos.

Ao técnico de laboratório do Gema Vanderlei, pela ajuda nos procedimentos laboratoriais.

À Miriam de Carlos, secretária do Programa de Pós Graduação em Geografia, sempre prestativa e eficiente em seus afazeres.

Aos meus amigos do curso de Geografia Bruno A. Candelari, Fernando B. Nhepchin, Luiz Eduardo Pereira e Marcos R. S. Senger pela amizade e companheirismo durante a graduação.

Ao Willians S. Meiguel pela amizade e apoio.

Agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento da pesquisa (Processo 470446/2012-9) e pela bolsa de mestrado.

## RESUMO

A presente pesquisa objetivou a reconstituição da paleovegetação de duas áreas distintas, a primeira localiza-se em um enclave de Cerrado pertencente à Estação Ecológica do Cerrado, no município de Campo Mourão (Trincheira Cerrado). A segunda situada em uma reserva de Floresta Estacional Semidecidual pertencente à Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, no município de Cianorte (Trincheira Cianorte). Para a reconstituição da paleovegetação dessas áreas foram utilizados os dados *proxies* (fitólitos e isótopos estáveis do Carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ )) aliados à datação  $^{14}\text{C}$ . Foram abertas duas trincheiras com três metros de profundidade, as amostras foram coletadas da base ao topo em intervalos de 10cm. As amostras foram submetidas a tratamento de rotina no Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (LEPAFE). As amostras para análise de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $^{14}\text{C}$  foram enviadas para o *Center for Applied Isotope Studies* (CAIS), na Georgia - EUA. A partir dos resultados foi possível dividir a Trincheira Cerrado em três fases: a fase I apresenta características de clima mais seco que o atual, tendo em razão o sinal isotópico  $\delta^{13}\text{C}$  enriquecido característico de plantas  $\text{C}_3$ , associado a predominância de fitólitos característicos de Poaceae, com destaque para o morfotipo *Bulliform cuneiform*, indicador de estresse hídrico. A fase II apresenta 5.820 anos cal AP a 120-130cm de profundidade, o sinal isotópico  $\delta^{13}\text{C}$  apresenta evidências de mistura de plantas ( $\text{C}_3/\text{C}_4$ ), que pode estar relacionado com o aumento da concentração de fitólitos e a presença dos morfotipos *Globular echinate* e *Tree* já que estes morfotipos são característicos de vegetação arbórea. A fase III apresenta sinal isotópico  $\delta^{13}\text{C}$  típico de mistura de plantas  $\text{C}_3/\text{C}_4$  com tendência para as plantas  $\text{C}_4$ . O aumento da concentração de morfotipos de fitólitos nessa fase é expressivo, sugerindo melhora na conservação destes morfotipos. A presença dos morfotipos *Globular echinate* I e II e do morfotipo *Tree*, aliados a redução da presença do morfotipo *Bulliform cuneiform* indicam o possível aumento de umidade na região. A Trincheira Cianorte não apresentou variações no tipo de vegetação, exibindo sinal isotópico  $\delta^{13}\text{C}$  empobrecido desde a base até topo. A predominância dos morfotipos *Globular Echinata* I e II em toda a trincheira indicam o domínio de plantas com ciclo fotossintético  $\text{C}_3$ , já que esses morfotipos são característicos de Arecaceae e Bromeliaceae. A Trincheira Cianorte apresenta indícios de vegetação arbórea desde pelo menos 6.060 anos AP.

**Palavras-chave:** Paleovegetação. Fitólitos. Isótopos de carbono. Holoceno.

## ABSTRACT

This research aimed to reconstitute the paleovegetation of two distinct areas, the first is located in an enclave of Cerrado that belongs to the Cerrado Ecological Station in Campo Mourão city, (Cerrado Trench). The second is located in a Semideciduous Seasonal Forest Reserve belonging to the Company Improvements North of Parana, in Cianorte city (Cianorte Trench). For reconstitution of paleovegetation from these areas, *proxies* data were used (phytoliths and stable carbon isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$ )) with the  $^{14}\text{C}$  dating. Two trenches were opened with 3 meters deep; the samples were collected from the base to the top in 10cm intervals. The samples were subjected to routine treatment in the Paleoenvironmental Studies Laboratory of Fecilcam (LEPAFE). The samples for  $\delta^{13}\text{C}$  e  $^{14}\text{C}$  analysis were sent to the Center for Applied Isotope Studies (CAIS), Georgia - USA. From the results it was possible to divide the Cerrado Trench in three phases: Phase I shows drier climate characteristics as the current, the reason is the isotopic signal  $\delta^{13}\text{C}$  enriched, characteristic of  $\text{C}_3$  plants, associated with the predominance of phytoliths characteristic of Poaceae, especially the *Bulliform Cuneiform* morphotype, water stress indicator. Phase II represents 5.820 years cal BP in 120-130cm deep, the isotopic signal  $\delta^{13}\text{C}$  shows evidence of mixture plants ( $\text{C}_3/\text{C}_4$ ), which may be related to the concentration increase of phytoliths and the presence of morphotypes *Globular Echinata* and *Tree* as those morphotypes are characteristic of arboreal vegetation. Phase III presents the isotopic signal  $\delta^{13}\text{C}$  typical of mixture plants  $\text{C}_3/\text{C}_4$  prone to  $\text{C}_4$  plants. The increased concentration of morphotypes of phytoliths in this phase is significant, suggesting improvement in the conservation of these morphotypes. The presence of morphotypes *Globular Echinata* I and II and the morphotype *Tree*, combined with reduction of the presence of morphotype *Bulliform Cuneiform* indicate the possible humidity in the region. The Cianorte Trench showed no changes in vegetation type, showing depleted  $\delta^{13}\text{C}$  isotopic signal from the base to the top. The predominance of morphotypes *Globular Echinata* I and II in the whole trench supports the plant photosynthetic cycle  $\text{C}_3$  domain, as these morphotypes are characteristic of Arecaceae and Bromeliaceae. The Cianorte Trench presents arboreal vegetation since at least 6.060 years cal BP.

**Keywords:** Paleovegetation. Phytoliths. Carbon Isotopes. Holocene.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE, PARANÁ COM DESTAQUE PARA AS ÁREAS DE ESTUDO.....	13
<b>FIGURA 2:</b> TIPOLOGIAS CLIMÁTICAS PRESENTES NOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE (PR).....	16
<b>FIGURA 3:</b> SUBSTRATOS GEOLÓGICOS PRESENTES NOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE (PR).....	19
<b>FIGURA 4:</b> FORMAS DE RELEVO PRESENTES NOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE (PR).....	20
<b>FIGURA 5:</b> CLASSES DE DECLIVIDADE ATUANTES NOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE (PR).....	21
<b>FIGURA 6:</b> TIPOS DE SOLOS PRESENTES NOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE (PR).....	23
<b>FIGURA 7:</b> TIPOLOGIAS VEGETAIS PRESENTES NOS MUNICÍPIOS DE CAMPO MOURÃO E CIANORTE (PR).....	25
<b>FIGURA 8:</b> ESBOÇOS DOS PRINCIPAIS ECOSISTEMAS DA AMÉRICA DO SUL NO PERÍODO GLACIAL (12.000 A 18.000ANOS A.P.) E ATUAL .....	27
<b>FIGURA 9:</b> MORFOTIPOS DE FITÓLITOS ENCONTRADOS NO PERFIL DE SOLO DA TRINCHEIRA CERRADO: 1 A- 1G: <i>BILOBATE</i> ; 2A – 2B: <i>SADDLE</i> ; 3A – 3B: <i>RONDEL</i> ; 4A- 4D: <i>GLOBULAR ECHINATE</i> ; 5A – 5B: <i>BULLIFORM CUNEIFORM</i> ; 6A – 6C: <i>BULLIFORM BLOCK</i> ; 7A- 7B: <i>ELONGATE ECHINATE</i> .....	46
<b>FIGURA 10:</b> MORFOTIPOS DE FITÓLITOS ENCONTRADOS NA ÁREA II: A) <i>GLOBULAR ECHINATE</i> ; B) <i>GLOBULAR GRANULATE</i> ; C) <i>TRAPEZIFORM POLYLOBATE</i> ; D) <i>GLOBULAR GRANULATE</i> E <i>ELONGATE PSILATE</i> E) <i>ELONGATE PSILATE</i> ; F) <i>BLOCK</i> ; G) <i>BULLIFORM CUNEIFORM</i> ; H) <i>HAIR</i> ; I) <i>RONDEL</i> ; J) <i>BILOBATE CHUSQUEIA</i> ; K) <i>RONDEL</i> ; L) <i>BILOBATE</i> ; M) <i>CONE SHAPE</i> .....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1:</b> CLIMOGRAMA DO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO (PR) COM MÉDIAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA (1991/2013).....	15
<b>GRÁFICO 2:</b> CLIMOGRAMA DO MUNICÍPIO DE CIANORTE (PR) COM MÉDIAS MENSIS DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO (1974-2001) .....	15
<b>GRÁFICO 3:</b> PORCENTAGEM DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS, RESULTADO ISOTÓPICO DE $\Delta^{13}\text{C}$ , DATAÇÃO POR $^{14}\text{C}$ E CONCENTRAÇÃO DE FITÓLITOS ENCONTRADOS NO PERFIL DE SOLO DA TRINCHEIRA CERRADO EM CAMPO MOURÃO (PR) .....	47
<b>GRÁFICO 4:</b> PORCENTAGEM DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS, RESULTADO $\Delta^{13}\text{C}$ , IDADE $^{14}\text{C}$ E CONCENTRAÇÃO DE FITÓLITOS ENCONTRADOS NA TRINCHEIRA CIANORTE EM CIANORTE (PR) ...	51

## **LISTA DE SIGLAS**

**AP** – Anos antes do Presente (anterior a 1950)

**CAIS**– *Center for Applied Isotope Studies*

**CMNP**– Companhia Melhoramentos Norte do Paraná

**CNPq** – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**FOM** – Floresta Ombrófila Mista

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**ITCG** – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências.

**Lepafe** – Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam

**TFSA** – Terra fina seca ao ar

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 Classificação climática dos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Substratos geológicos e formas de relevo dos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3 Características pedológicas dos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná</b> .....	<b>22</b>
<b>3.4 Tipologias vegetais presentes nos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná</b> .....	<b>24</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1 Alterações climáticas ocorridas durante o Quaternário Tardio</b> .....	<b>26</b>
4.1.1 Mudanças Climáticas ocorridas no Paraná durante o Quaternário Tardio.....	30
<b>4.2 Isótopos estáveis do carbono (<sup>12</sup>C e <sup>13</sup>C)</b> .....	<b>32</b>
<b>4.4 Fitólitos</b> .....	<b>35</b>
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
<b>5.1 Coleta das amostras</b> .....	<b>40</b>
<b>5.2 Extração, contagem, identificação e concentração dos fitólitos</b> .....	<b>40</b>
<b>5.3 Determinação das frações granulométricas</b> .....	<b>41</b>
5.3.1 Sedimentação das frações silte e argila .....	41
5.3.2 Separação da areia.....	42
<b>5.4 Análise Isotópica e Datação <sup>14</sup>C</b> .....	<b>42</b>
<b>5.5 Produção dos mapas</b> .....	<b>43</b>
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>43</b>
<b>6.1 Resultados da Trincheira Cerrado em Campo Mourão (PR)</b> .....	<b>43</b>
<b>6.2 Resultados da Trincheira Cianorte em Cianorte (PR)</b> .....	<b>48</b>
<b>7 DISCUSSÃO</b> .....	<b>52</b>
<b>7.1 Aspectos do clima e vegetação pretéritos da região de Campo Mourão (PR)</b> .....	<b>52</b>
<b>7.2 Aspectos do clima e vegetação pretéritos da região de Cianorte (PR)</b> .....	<b>55</b>
<b>8 CONCLUSÕES</b> .....	<b>57</b>
<b>9 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Para o entendimento das alterações climáticas é necessário o conhecimento do passado para a compreensão do presente. Nesse sentido, a paleontologia auxilia na reconstrução de eventos pretéritos, para que possamos compreender a atualidade e, se possível, inferir possíveis mudanças que podem ocorrer no futuro.

No Brasil os estudos que viabilizam a reconstituição paleoambiental estão distribuídos pelas regiões brasileiras e são utilizados diversos dados *proxies* como fitólitos, pólenes, espiculas de esponja, bem como os isótopos do carbono. Em muitos estudos são utilizados diversos dados *proxies* para que haja maior confiabilidade na pesquisa, sendo que muitas vezes, um dado *proxy* complementa a informação transmitida por outro. Na região sul do país foram realizados estudos utilizando dados *proxies* no Paraná, nas regiões de Campo Mourão, Douradina, Guarapuava, Icaraíma, Londrina, Pato Branco, Ponta Grossa, Porto Rico, Santa Monica e São Tomé. Em Santa Catarina, os estudos foram realizados na Serra do rio do Rastro. E no Rio Grande do Sul, nas regiões de Aparados da Serra, Lagoa dos Patos, nas Planícies costeiras e Terra de Areia.

Considerando a necessidade de estudos que viabilizam o entendimento da dinâmica da natureza, esta pesquisa objetivou comparar duas áreas com tipologias vegetais distintas. A primeira, em um enclave de Cerrado, localizado no município de Campo Mourão, centro-oeste do Paraná. A segunda, em uma área de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Cianorte, no noroeste paranaense. Com o objetivo de facilitar o entendimento, a área de estudo em Campo Mourão será abordada como “Trincheira Cerrado” e a de Cianorte como “Trincheira Cianorte”. A Trincheira Cerrado apresenta aproximadamente 40km de distância da Trincheira Cianorte. A escolha das áreas surgiu pelo interesse em compreender o motivo de duas áreas próximas apresentarem vegetações completamente distintas, observando que a região da Trincheira Cerrado apresenta clima Cfb e vegetação de Cerrado, enquanto, a região da Trincheira Cianorte apresenta clima Cfa e presença de Floresta Estacional Semidecidual. O objetivo da pesquisa foi identificar a vegetação pretérita das duas áreas, a fim de compreender a dinâmica da vegetação nessas regiões.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Evidenciar as mudanças da paleovegetação aliadas às alterações climáticas ocorridas durante o Holoceno, nas regiões de Campo Mourão e Cianorte.

### 2.2 Objetivos específicos

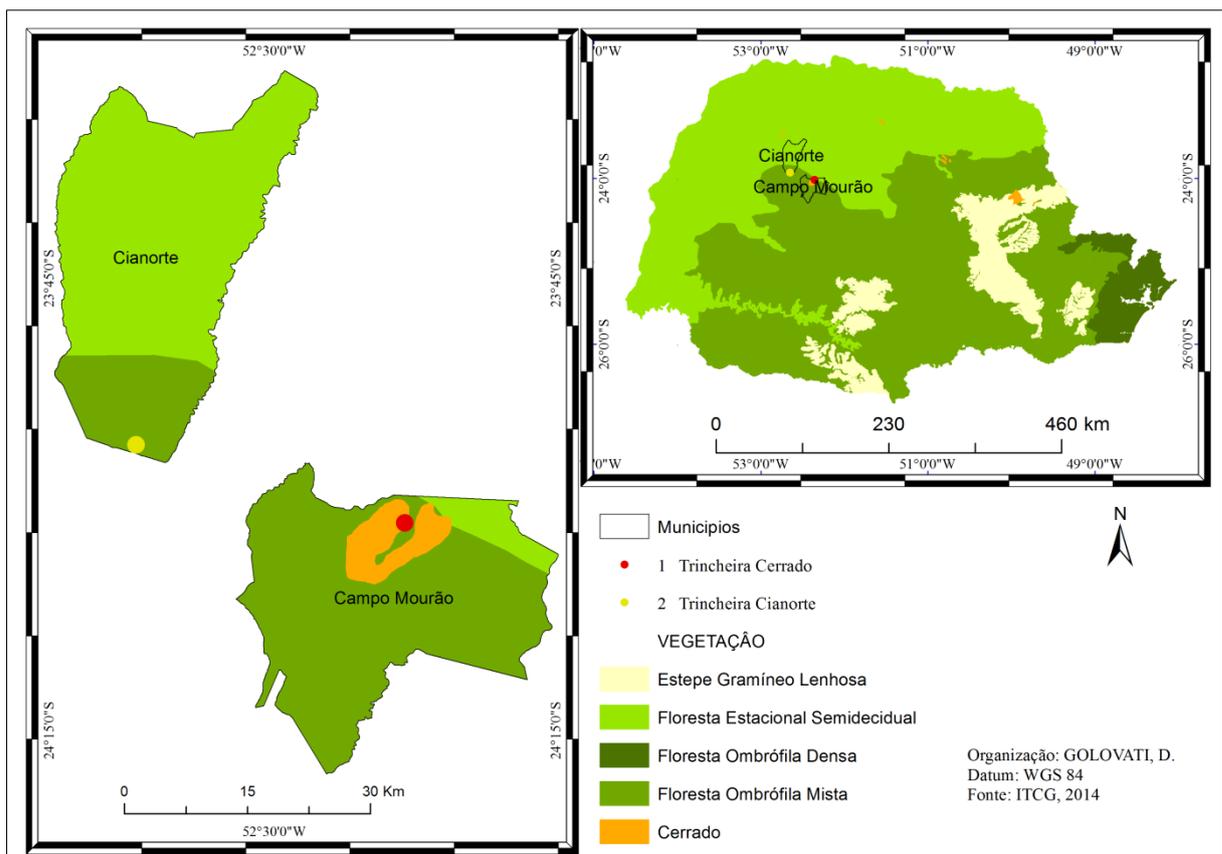
- Analisar os isótopos estáveis do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) presentes no solo para a reconstrução da paleovegetação da região de Campo Mourão e Cianorte, Paraná;
- Identificar as assembleias de fitólitos extraídas do solo para diagnosticar as famílias botânicas pretéritas do município de Campo Mourão e Cianorte, Paraná;
- Determinar a cronologia dos eventos a partir de datações por  $^{14}\text{C}$ , relacionando as variações ambientais e climáticas;
- Caracterizar a granulometria dos perfis de solos das trincheiras de Campo Mourão e Cianorte, Paraná.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Esta seção abordará as características climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e fitogeográficas presente nos municípios de Campo Mourão e Cianorte.

O município de Campo Mourão está situado na região centro-este do Paraná, entre as coordenadas 24°02'45"S e 52°22'58"O. Conforme verifica-se na figura 1 a Trincheira Cerrado está situada em um enclave de Cerrado no município de Campo Mourão. Devido a devastação desenfreada dessa vegetação, foi criada em 1987 a Estação Ecológica do Cerrado de Campo Mourão-EEC (Decreto Municipal nº. 596/93) com 13.318m<sup>2</sup> (GUERREIRO; PAROLIN, M., 2011).

**Figura 1:** Localização dos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná com destaque para as áreas de estudo



O município de Cianorte está localizado na região noroeste do Paraná, entre as coordenadas 23°40'00"S e 52°38'00"O, estando a uma altitude de 530m. O município foi fundado em uma região de Floresta Estacional Semidecidual com

porções de Floresta Ombrófila Mista, muitas vezes na forma de um ecótono, nos anos de 1953/54 (IBGE, 2014). A Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP) foi a responsável pelos loteamentos de toda a região, no planejamento do município havia o objetivo de preservar uma reserva de 25.000 hectares de mata virgem ao sul do rio Ivaí. No entanto, as queimadas que ocorreram no Paraná em 1963 devastaram grande parte dessa reserva (MAACK, 2002). A trincheira Cianorte localiza-se em uma reserva da CMNP, na região sudeste do município (Figura 1).

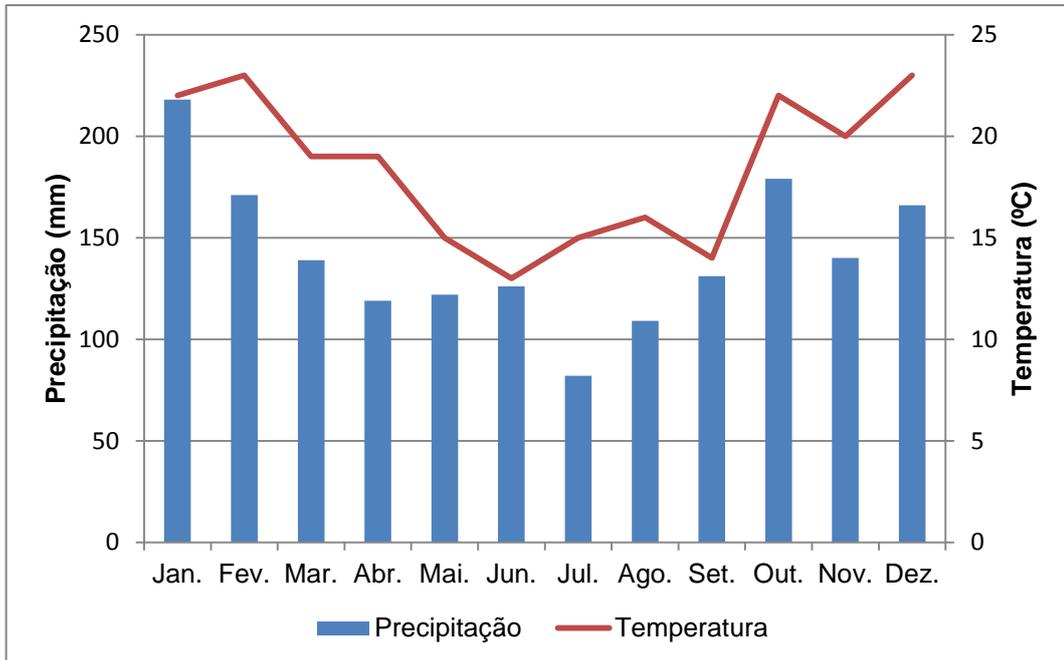
### **3.1 Classificação climática dos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná**

De acordo com os dados da Estação Climatológica de Campo Mourão, o município apresenta transição entre os climas Cfa e Cfb, classificação climática proposta por Köppen (1948) (Gráfico 1). A Trincheira Cerrado se localiza em uma região de clima Cfb (clima temperado úmido, com verão temperado), com temperaturas amenas e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (média de 1.600mm/ano), sendo janeiro o mês com maior precipitação e declínio nos meses de maio a agosto (Figura 2). A temperatura média anual é de 21°C, com médias acima de 22°C nos meses mais quentes (dezembro e janeiro) e inferiores a 18°C nos meses mais frios (junho e julho).

De acordo com a classificação climática proposta por Köppen (1948), o clima no município de Cianorte é do tipo Cfa (clima temperado úmido com verão quente). Os dados apresentados no gráfico 2 apresentam as médias mensais de temperatura e precipitação do município de Cianorte, desde o ano de 1974 até 2001. Os meses de dezembro e janeiro possuem os maiores índices de precipitação. As maiores temperaturas ocorrem no verão (dezembro a março). Os meses com menor índice de precipitação são julho e agosto, e as menores temperaturas são registradas em junho e julho (IAPAR, 2014).

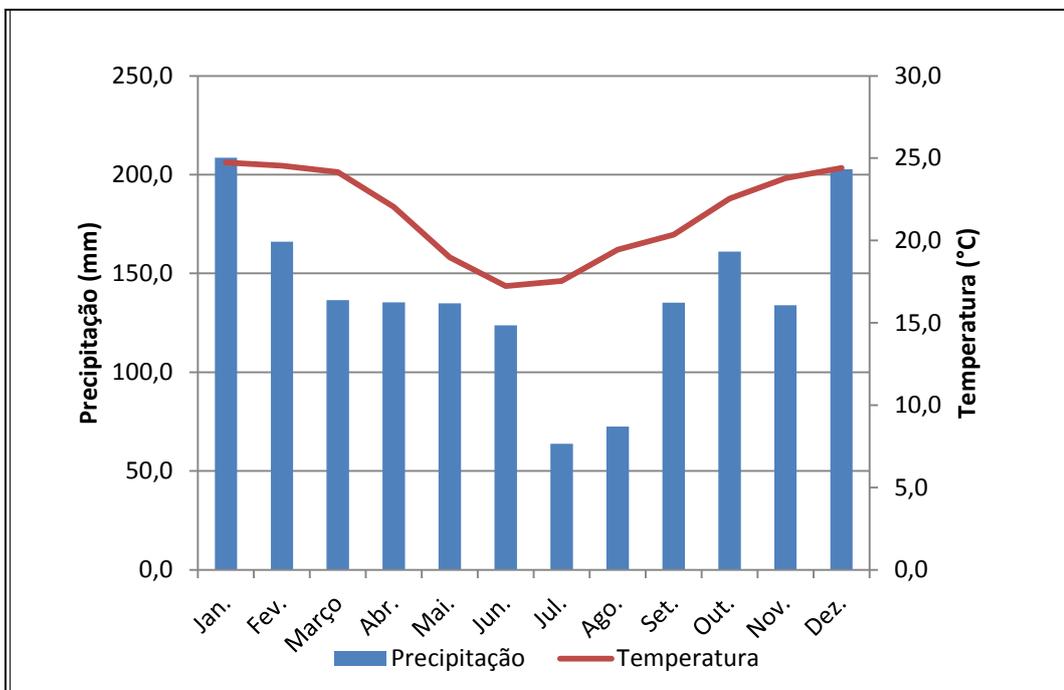
É possível observar no gráfico 1 que a temperatura no município de Campo Mourão é oscilante, apresentando médias de 15°C de maio a setembro, e média de 22°C de outubro a fevereiro. Em contrapartida, podemos verificar no gráfico 2 que o município de Cianorte apresenta temperaturas mais elevadas e uniformes durante o ano, com temperaturas médias de 18°C entre os meses de maio a agosto e média de 23°C de setembro a abril.

**Gráfico 1:** Climograma do município de Campo Mourão (PR) com médias mensais de precipitação e temperatura (1991/2013)



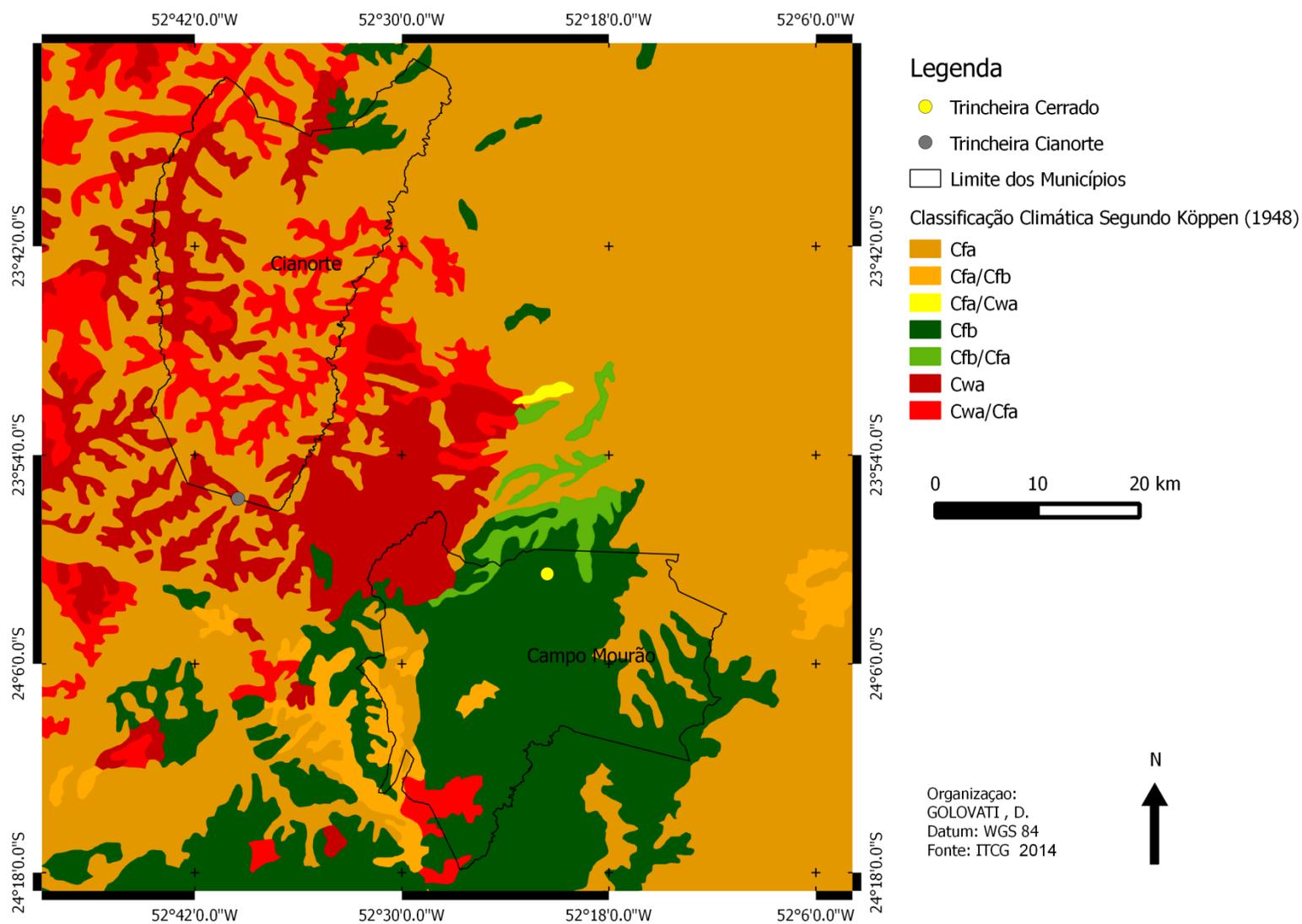
Fonte: Dados fornecidos pela Estação Climatológica de Campo Mourão –PR (OMM: 83783). Organizado pela autora

**Gráfico 2:** Climograma do município de Cianorte (PR) com médias mensais da temperatura e precipitação (1974-2001)



Fonte: Dados fornecidos pelo IAPAR (2014)

Figura 2: Tipologias climáticas presentes nos municípios de Campo Mourão e Cianorte (PR)



### **3.2 Substratos geológicos e formas de relevo dos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná**

O município de Campo Mourão está localizado em uma área de transição entre a Formação Serra Geral e a Formação Caiuá (Figura 3). A trincheira Cerrado possui solos derivados da Formação Serra Geral, que se distribui em praticamente todo o município.

A Formação Serra Geral é uma formação geológica constituída por rochas magmáticas relacionadas a um dos mais extensos eventos vulcânicos que inundou de lavas a bacia sedimentar do Paraná e recobriu aproximadamente 75% de toda sua superfície. Esta formação representa os últimos pulsos vulcânicos ocorridos na bacia do Paraná (PINESI; NARDY, 2003).

Apesar do limite superior dos derrames da Serra Geral ser questionado devido a ação da erosão, a base dos derrames é marcada pelo contato abrupto com os arenitos da Formação Botucatu (LEINZ, 1949 apud PAISANI et al., 2008). As rochas vulcânicas da Bacia do Paraná estão expostas tanto verticalmente quanto lateralmente em áreas de extensão considerável (REIS et al., 2014).

De acordo com Maack (2002), o município de Campo Mourão está inserido no Terceiro Planalto Paranaense, entre os rios Piquiri e Ivaí, mais especificamente, no planalto de Campo Mourão, bloco médio (Figura 4). Neste planalto as rochas basálticas abrangem desde as proximidades da escarpa da serra da Boa Esperança a leste, até aproximadamente as cidades de Campo Mourão e Mamborê, área onde os cursos d'água dirigem-se para a bacia do rio Goio-Erê. A partir daí, em direção a oeste, o basalto está recoberto pela Formação Caiuá, que se estende até o rio Paraná (NAKASHIMA; NOBREGA, 2003; SANTOS et al., 2006).

O planalto de Campo Mourão apresenta cotas altimétricas que variam de 480m a 840m, sendo que o município de Campo Mourão está a 594m. A maior parte do município apresenta um relevo suave composto por encostas côncavas, convexas e côncavas-convexas com inclinações em torno de 3° a 6° (Figura 5) (SOUZA, 2003; MINEROPAR, 2006). Contudo, o setor nordeste do município apresenta declividades mais acentuadas, com inclinações em torno de 6° a 12° (SOUZA, 2003). Com relação ao relevo, as formas predominantes para Mineropar (2006) são topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha, modeladas em rochas da Formação Serra Geral. De acordo com os dados do

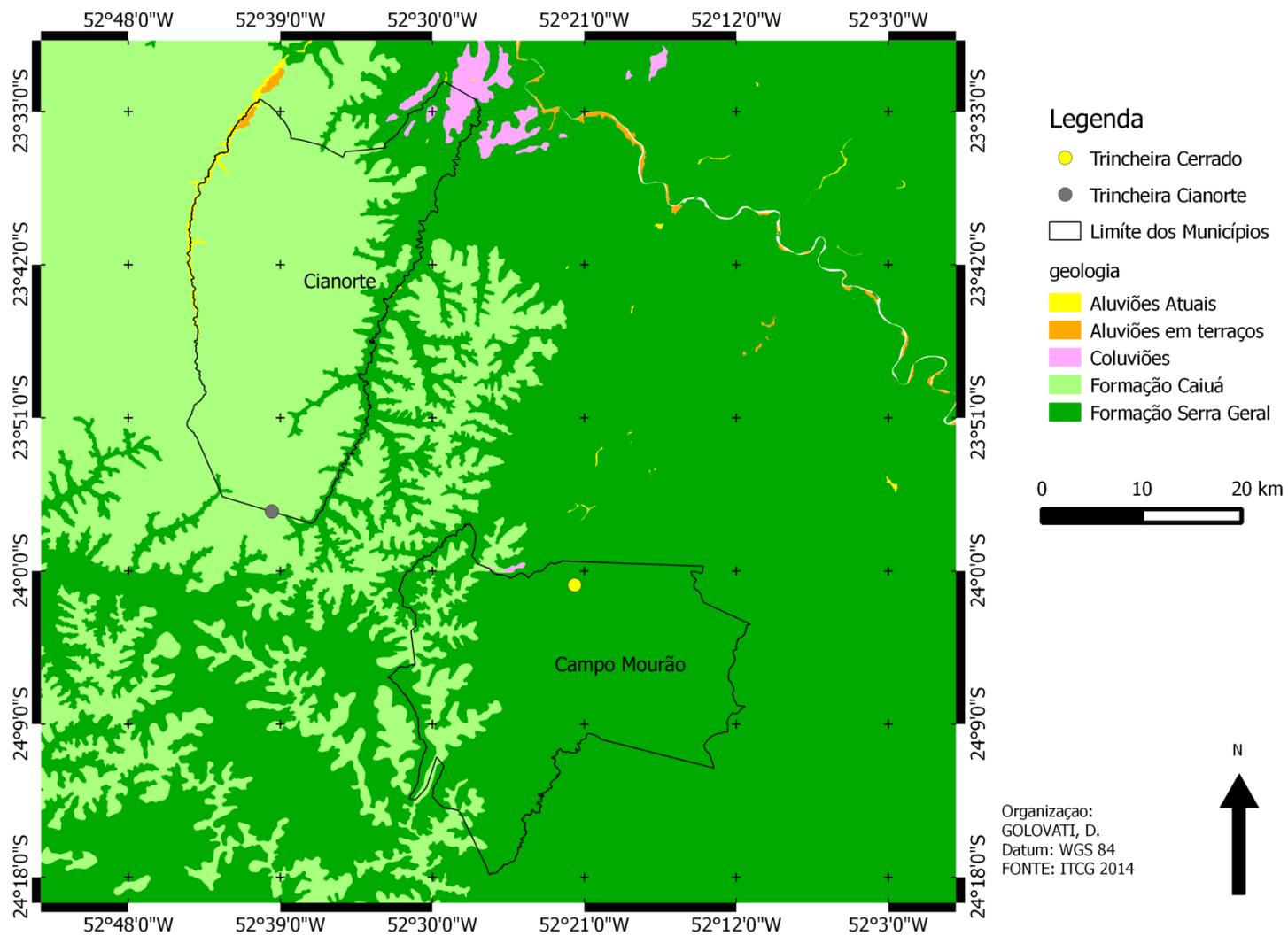
Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), a região onde se encontra a Trincheira Cerrado apresenta declividade fraca (Fa) de 0-10% e está numa faixa de altitude de 550 a 600 metros.

De acordo com Pinesi e Nardy (2003), o município de Cianorte faz parte do grupo Bauru, Formação Caiuá (Figura 3). No Brasil, o grupo ocorre nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Do sudoeste, segue em direção ao Paraguai, aflorando na região nordeste do país (FERNANDES; COIMBRA, 1994). No Paraná, a formação Caiuá é encontrada no noroeste do estado e abrange uma área de 70.000km<sup>2</sup> (GASPARETTO, 1999; GASPARETTO; SOUZA, 2003; SANTOS et al., 2006).

Uma das principais características desta formação é a uniformidade litológica, que é representada por arenitos com frações que vão de muito fino a médio, variando de 75% a 90% a composição de quartzo nesta formação (GASPARETTO, 1999). A maior espessura encontrada da formação Caiuá é de 200m, no Morro dos Três Irmãos, noroeste do Paraná, que vai diminuindo no sentido norte e oeste (SOARES et al., 1980). O contato basal da formação Caiuá se faz com os basaltos da Formação Serra Geral, no qual as características litológicas, principalmente a homogeneidade, indicam deposição eólica (SOARES et al., 1980; GASPARETTO, 1999; GASPARETTO; SOUZA, 2003).

O município de Cianorte está situado no Planalto de Umuarama (Figura 4), que se encontra no Terceiro Planalto Paranaense (SANTOS et al. (2006). O relevo é uniforme e pouco dissecado, onde ocorrem extensos espigões levemente ondulados, com vertentes convexas e vales em “V” (GASPARETTO, 1999; MINEROPAR, 2006; SANTOS et al., 2006). A declividade na área da Trincheira Cianorte é classificada como muito fraca (Mfa) 0-3% (Figura 5), sendo que está na cota altimétrica de 600 a 650 metros de altitude (IBGE, 2009).

**Figura 3:** Substratos geológicos presentes nos municípios de Campo Mourão e Cianorte (PR)



**Figura 4:** Formas de relevo presentes nos municípios de Campo Mourão e Cianorte (PR)

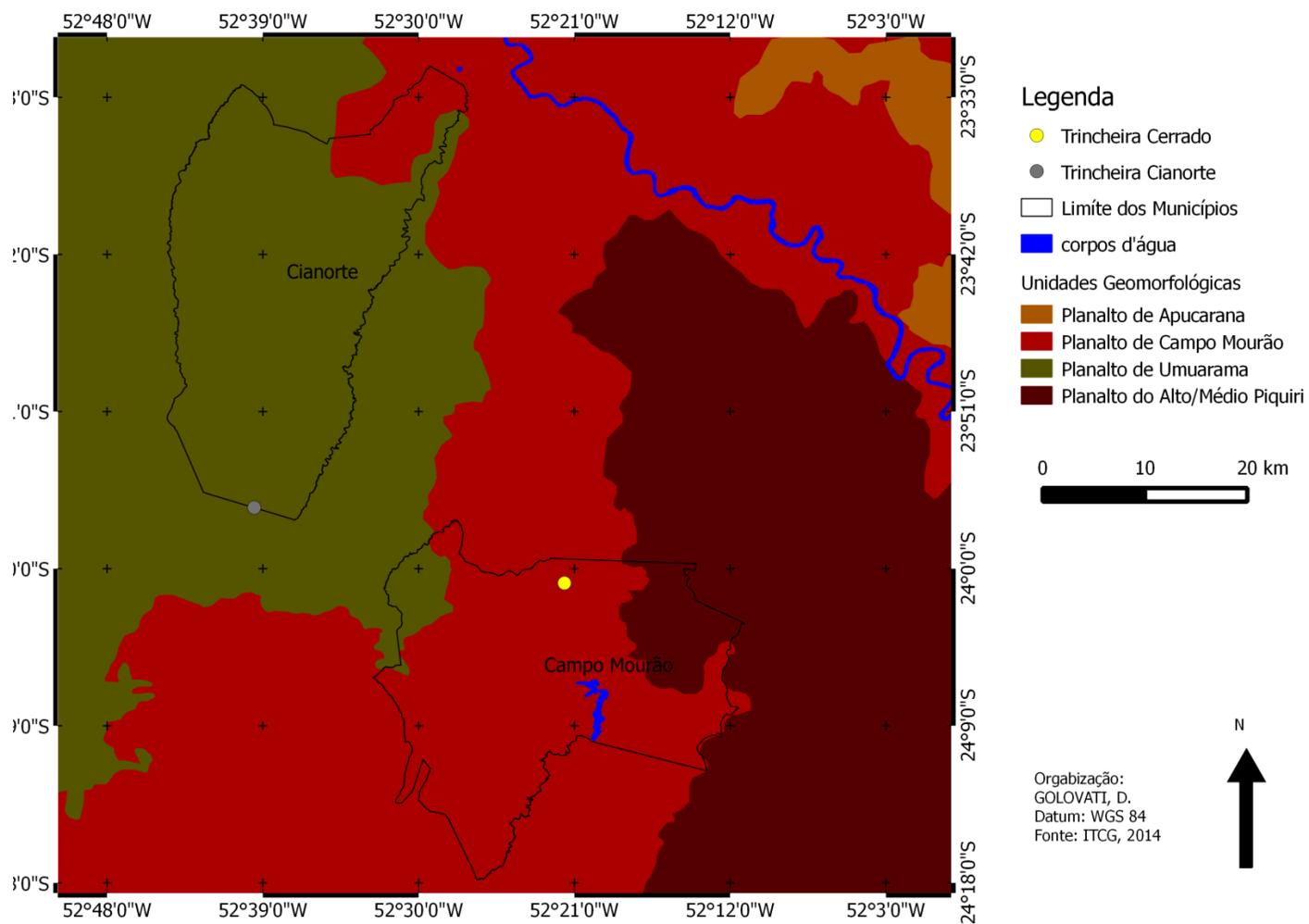
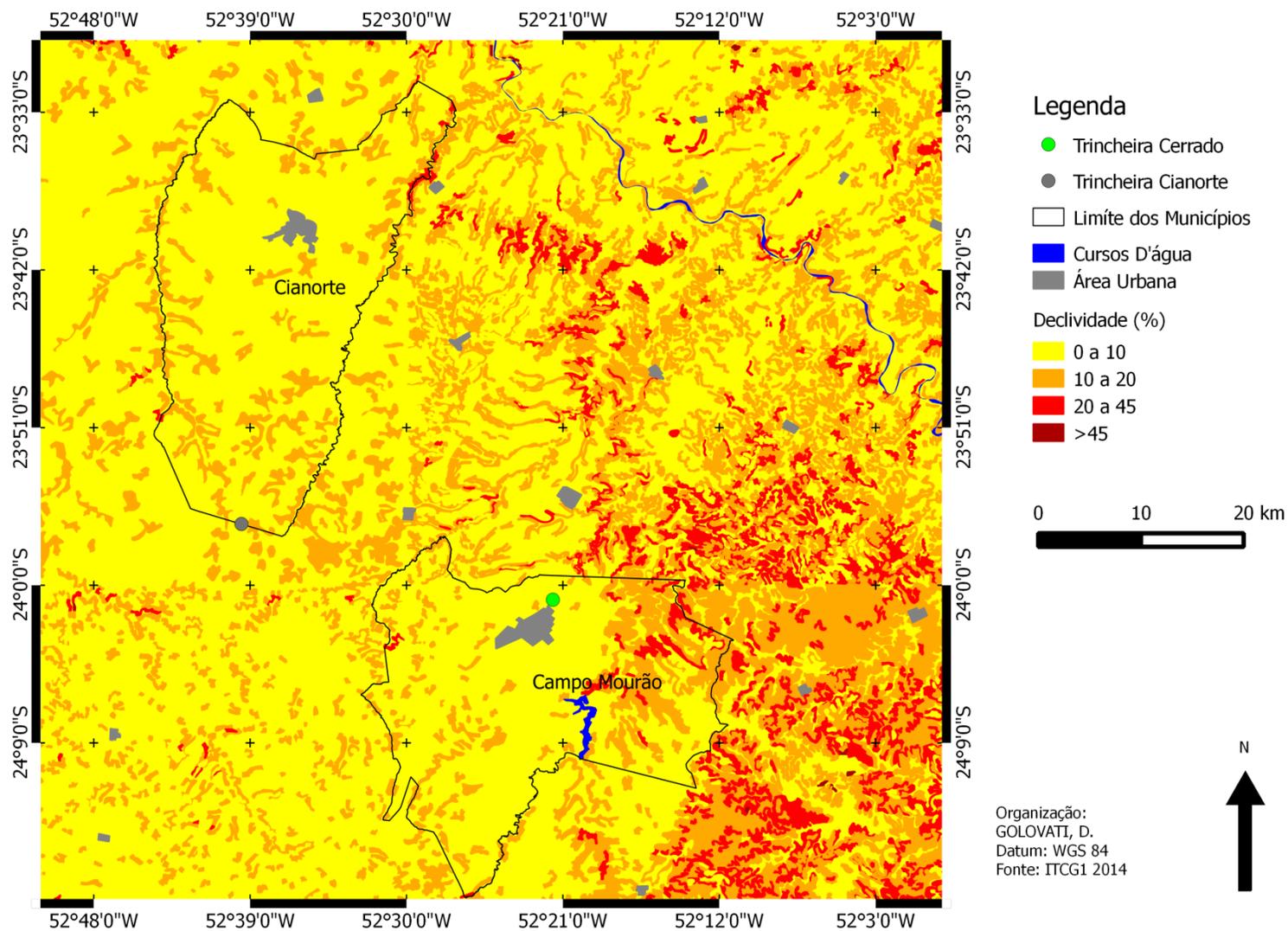


Figura 5: Classes de declividade atuantes nos municípios de Campo Mourão e Cianorte (PR)



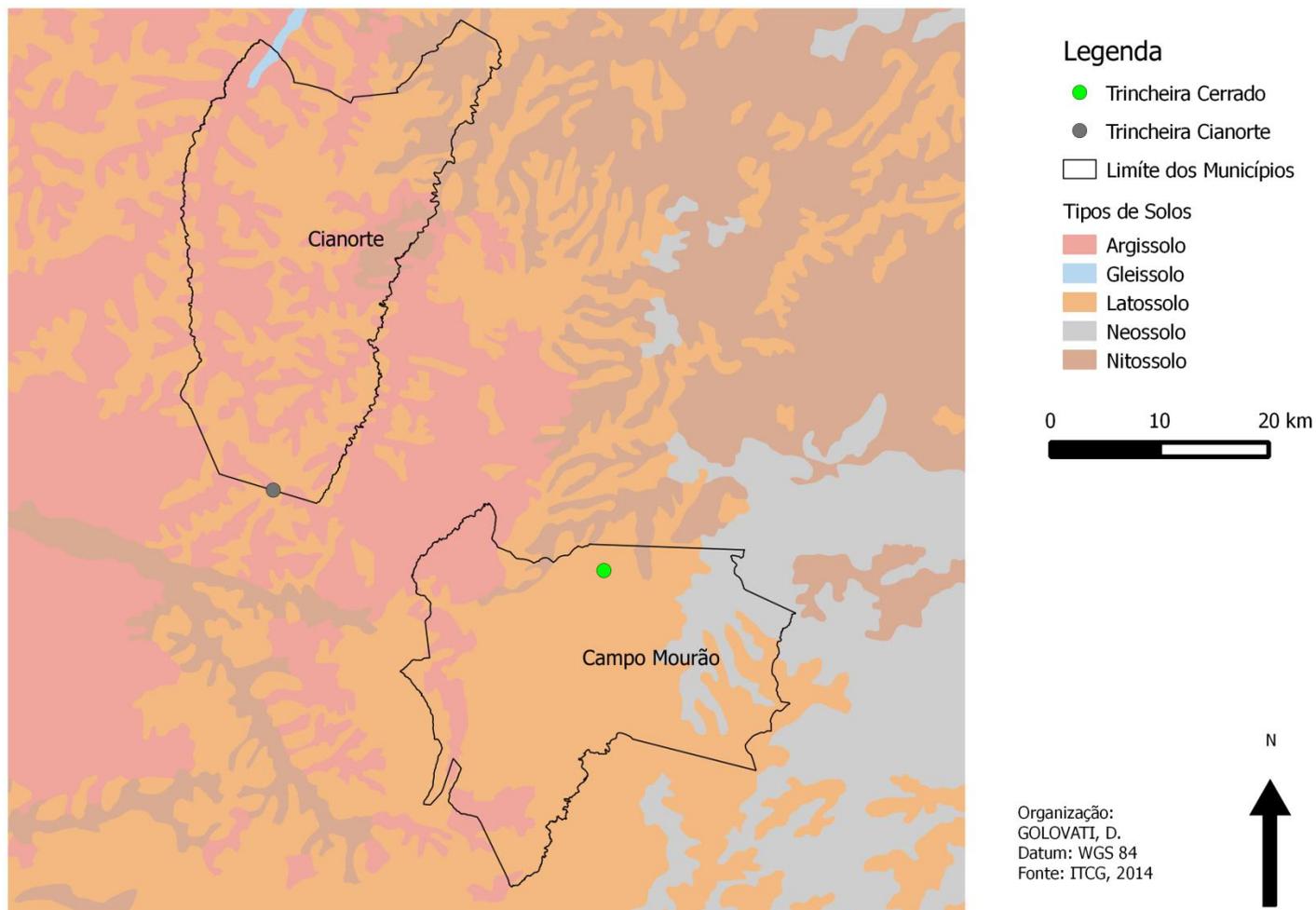
### **3.3 Características pedológicas dos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná**

De acordo com Nakashima e Nóbrega (2003) as cartas de solos do Terceiro Planalto Paranaense mostram a ocorrência generalizada do Latossolo Vermelho, textura argilosa. Verifica-se a ocorrência de Latossolos Vermelhos do topo à média vertente e Nitossolos Vermelhos da média vertente ao terço inferior do vale.

Conforme se verifica na figura 6, o município de Campo Mourão apresenta o Latossolo Vermelho distroférico textura muito argilosa, ou seja, possui um teor de argila maior que 60%. Esse tipo de solo é muito profundo e bem drenado, onde as sequências dos horizontes A, B, C apresentam pouca diferenciação nas transições. O horizonte A apresenta cores mais escuras, enquanto o horizonte B apresenta cores vivas (EMBRAPA, 2013).

Os solos originados da Formação Caiuá apresentam textura média arenosa, são bem desenvolvidos e profundos devido ao substrato geológico e a ação do clima (GASPARETTO, 1999; NAKASHIMA; NÓBREGA, 2003). De acordo com Nakashima e Nóbrega (2003) a distribuição dos solos ao longo da vertente nesta região ocorre com a predominância dos Latossolos Vermelhos, textura arenosa/média nos topos e alta vertente, Argissolos Vermelho-Amarelos nas médias e baixas vertentes e Gleissolos nas várzeas. Estes solos são bastante permeáveis e bem drenados. A Trincheira Cianorte apresenta o Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa (Figura 6) (EMBRAPA, 2013). A cobertura pedológica oriunda do arenito Caiuá é extremamente vulnerável a processos erosivos. O uso incorreto desse solo provoca o surgimento de voçorocas, ravinas, movimentos de massa e assoreamento dos cursos d'água (GASPARETTO; SOUZA, 2003).

**Figura 6:** Tipos de solos presentes nos municípios de Campo Mourão e Cianorte (PR)



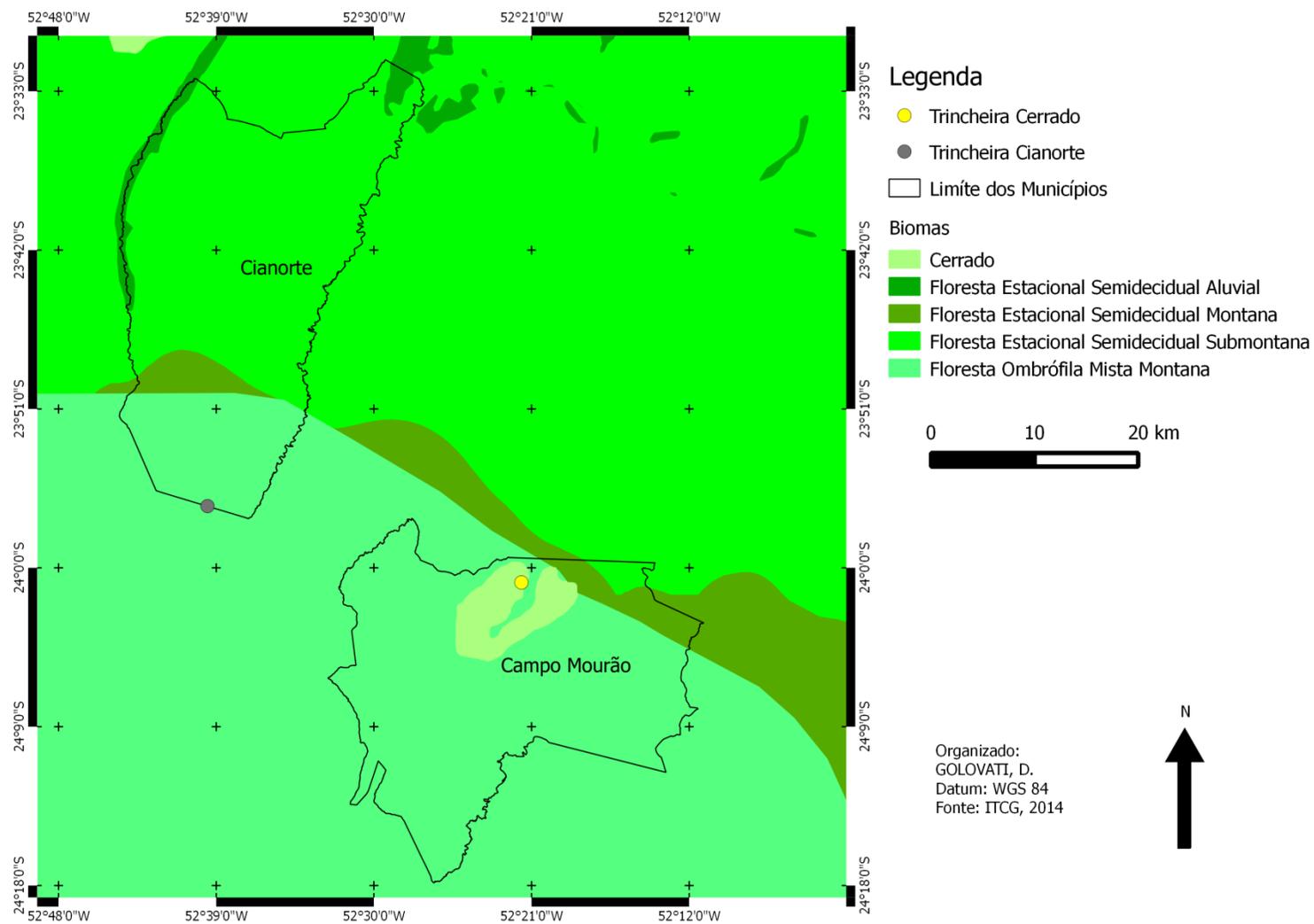
### 3.4 Tipologias vegetais presentes nos municípios de Campo Mourão e Cianorte, Paraná

De acordo com Roderjan et al. (2002), o estado do Paraná apresenta cinco unidades fitogeográficas. No leste do estado situa-se a Floresta Ombrófila Densa, que se estende até a Serra do mar. A oeste da Serra do mar, ocupando os planaltos (800 a 1.200m de altitude) encontra-se a Floresta Ombrófila Mista (floresta de Araucária). Nas regiões norte e oeste do estado, nos vales da bacia do rio Paraná, encontra-se a Floresta Estacional Semidecidual. As estepes gramíneas se situam nas regiões mais elevadas do Primeiro, Segundo e Terceiro Planalto e as Savanas (Cerrados) se encontram nas regiões norte e nordeste do estado.

O município de Campo Mourão está em uma área de transição de tipologias vegetais, com a presença da Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila Mista (FOM). A Trincheira Cerrado se encontra em um enclave de Cerrado que está em meio a FOM (Figura 7). Segundo Maack (2002) o município de Campo Mourão apresentava uma área de 102km<sup>2</sup> de campos cerrados, atualmente, esta área foi reduzida a poucos hectares, que estão preservados na Estação Ecológica do Cerrado e áreas periféricas da cidade (GUERREIRO; PAROLIN, 2011; PAROLIN et al., 2011a). Algumas das espécies encontradas na EEC são: *Copaifera langsdorffii* e *Caryocar brasiliense* (GUERREIRO; PAROLIN, 2011); *Annona coriacea*, *Acrocomia emensis* e *Aspidosperma tomentosum* (GOLOVATI et al., 2013a); *Cyperus luzulae*, *Cyperus virens* e *Carex bonariensis* (GOLOVATI et al., 2013b).

Na região noroeste do estado, o município de Cianorte é revestido pela Floresta Estacional Semidecidual que está condicionada a eventuais geadas e um período de baixa precipitação pluviométrica, onde a porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal situa-se entre 20 a 50% (RODERJAN et al., 2002; IBGE, 2012). Maack (2002) aponta a transição da mata pluvial tropical para a mata pluvial subtropical (Floresta Estacional Semidecidual) ao sul do divisor de águas Ivaí-Piquiri, sendo que esta transição não é marcada por diferenciação climática e sim pela altitude. Dentre as diversas espécies características desta tipologia vegetal o autor destaca que a região apresentava muitas palmeiras.

Figura 7: Tipologias vegetais presentes nos municípios de Campo Mourão e Cianorte (PR)



## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão abordados os temas relevantes à pesquisa, bem como os referenciais bibliográficos utilizados nesta trajetória. O primeiro item trata das alterações climáticas ocorridas no período do Quaternário. Devido à importância e abrangência deste item, se fez necessário a criação de um subitem, tratando das mudanças climáticas ocorridas no Paraná. O segundo item desta seção aborda os isótopos de carbono e o terceiro aborda os fitólitos.

### 4.1 Alterações climáticas ocorridas durante o Quaternário Tardio

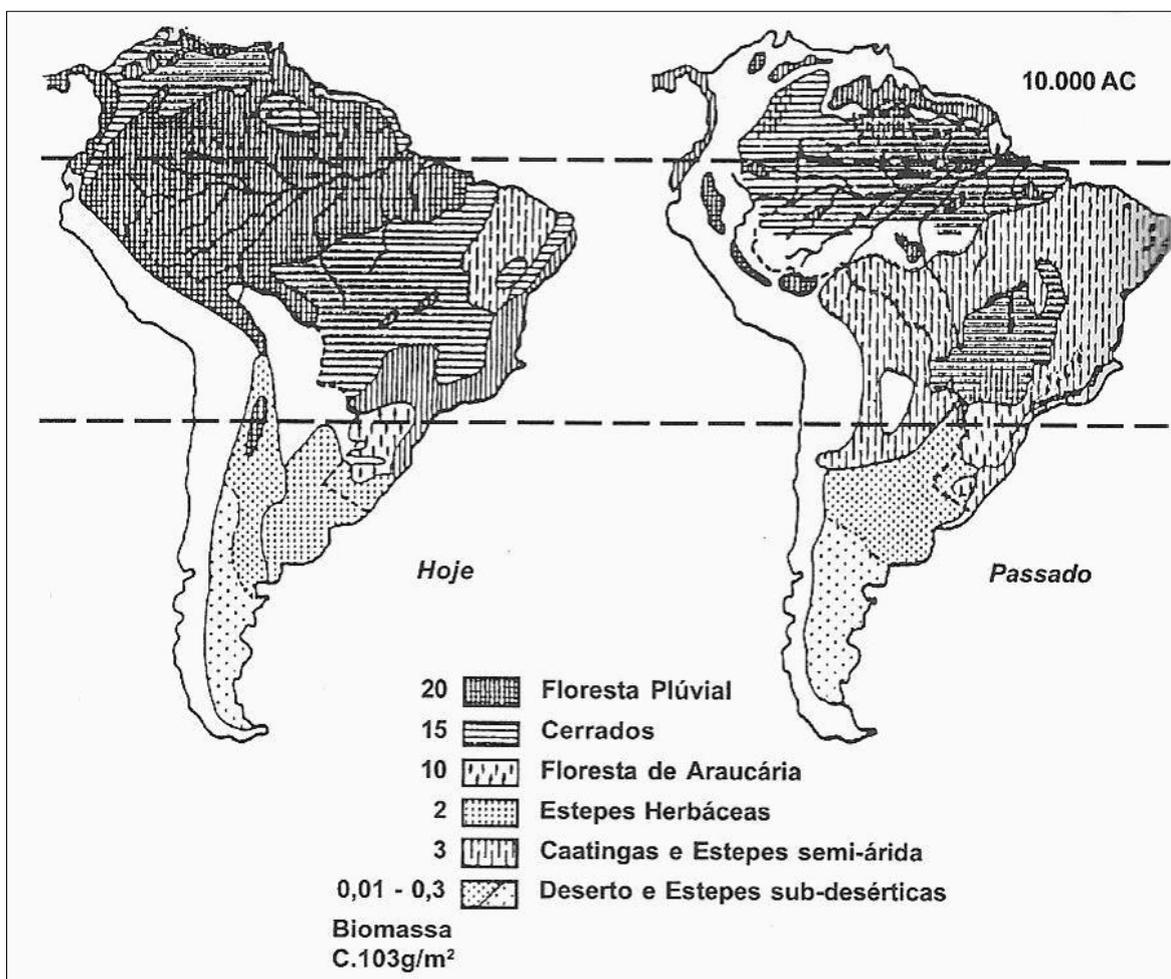
O período Quaternário abrange o Pleistoceno (1,6 milhões de anos AP) e o Holoceno (últimos 10 mil anos). Este período é caracterizado por inúmeras alterações do clima, apresentando intervalos de clima frio intercalados com clima quente (ABSY; SERVANT, 1993; SALGADO-LABOURIAU, 1994; DESJARDINS et al., 1997; COX; MOORE, 2009; STEVAUX, 2010). A diversidade de vegetações, principalmente nas regiões tropicais, é resultado das alterações climáticas ocorridas no Quaternário, onde, ora o clima estava frio e seco, ora estava quente e úmido (SILVA, 2011). Apesar deste período abranger um espaço de tempo geológico curto, deixou marcas na paisagem. As alterações paisagísticas são sentidas na vegetação, nos solos e até mesmo na distribuição da fauna (HAUCK, 2008; SILVA, 2011).

A glaciação de Würm-Wisconsin foi a última e mais importante glaciação do Quaternário (HAFFER; PRANCE, 2002). Segundo Cox e Moore (2009), perdurou de 115.000 a 10.000 anos AP. Neste período as geleiras ficaram concentradas nos polos e nas altas latitudes e altitudes. Em razão do extenso manto de gelo no hemisfério Norte, as vegetações sofreram alterações, as florestas temperadas se contraíram para o sul, cedendo lugar a vegetação de tundra (SILVA, 2011).

A maior consequência desta glaciação no hemisfério Sul foi a perda de umidade, considerando que as geleiras se expandiram apenas nas altas latitudes e altitudes (HAUCK; TRATZ, 2009). Entretanto, a baixa umidade provocou uma reorganização das vegetações. As caatingas, adaptadas ao clima seco, se expandiram por áreas onde havia vegetação de cerrado. As florestas ficaram contraídas em lugares que mantiveram a umidade, como em planaltos e encostas de serras (HAUCK, 2008; 2009).

Ao observar a figura 8, verifica-se que o território abrangido pela caatinga era bem maior do que o cerrado durante o último período glacial. Hauck (2009) e Silva (2011) atribuem esta distribuição geográfica às alterações climáticas ocorridas no período. Segundo AB'Saber (1977) a vegetação de cerrado se retraiu no período seco durante a glaciação, enquanto a vegetação de caatinga se expandiu, por ser mais adaptada ao clima árido.

**Figura 8:** Esboços dos principais ecossistemas da América do Sul no período glacial (12.000 a 18.000anos A.P.) e atual



Fonte: (BIGARELLA, 1975 apud SILVA, 2011)

De acordo com Hauck (2009), uma das maneiras de distribuição da caatinga no período do Pleistoceno terminal foi pelo litoral, tendo em vista que os oceanos estavam com o nível mais baixo, devido à concentração de umidade no hemisfério Norte. Silva (2011) salienta que as caatingas avançaram até a latitude do Uruguai, enquanto as florestas úmidas se retraíram em refúgios com maior umidade.

Contudo, na Amazônia houve um avanço dos cerrados, que se distribuíram entre as matas galerias (HAUCK, 2009). De acordo com Souza et al. (2005) após 7.000 anos AP. aumentaram as frequências dos indicadores de cerrado, acompanhados pela expansão de matas ciliares.

Atualmente a caatinga ocupa uma área de 844.453km<sup>2</sup> no Brasil, ou seja, 9,9% do território nacional. Enquanto, o cerrado se estende por uma área de 2.036,448km<sup>2</sup>, totalizando 23,9% do território (IBGE, 2014).

O instável paleoclima do Quaternário fez a vegetação de cerrado avançar e retrair em diversos momentos, deixando como relictos destas migrações manchas isoladas em espaços descontínuos por todo Brasil (AB'SÁBER, 1977).

O cerrado possui como característica marcante a ocorrência de queimadas naturais, que em geral são associadas à estação seca (maio a setembro). Segundo Coutinho (1977) o fogo possui papel ecológico de promover a liberação de sementes e eliminar o excesso de serrapilheira, permitindo que as sementes tenham maiores chances de germinação. Devido a essa peculiaridade, algumas espécies do cerrado desenvolveram adaptações contra o fogo, como cascas grossas e rugosas, além de raízes bulbosas.

Contudo, Maack (2002) esclarece que a presença de cerrado desde o Brasil central até o Brasil meridional, não pode ser explicada em função das queimadas, tendo em vista que no Brasil central e no estado de São Paulo o inverno é seco, e no segundo e Terceiro Planalto Paranaense o inverno é úmido. O autor salienta que os aspectos fisiológicos do cerrado paranaense são diferentes do cerrado do Brasil central. No Paraná o cerrado se apresenta como um relictos de um clima pretérito mais seco.

Ab'Saber (1957) explica a existência de vegetações de cerrado distribuídas pelo território brasileiro por meio da "Teoria dos Refúgios". Esta teoria explica que a vegetação de floresta tropical ficou confinada em refúgios, onde havia maior umidade. Em contrapartida, a vegetação de cerrado se expandia por ser adaptada ao clima semiárido.

Para Haffer (1969 apud Absy; Servant, 1993) a teoria dos refúgios afirma que a Floresta Amazônica ficou reduzida em refúgios, onde animais e plantas sobreviveram sob condições climáticas desfavoráveis, durante períodos secos do Pleistoceno.

De acordo com Haffer e Prance (2002), a diversidade das vegetações do nosso planeta não pode ser explicada por uma história imutável. É importante compreender a capacidade de plantas sobreviverem em períodos de mudanças climáticas e perturbações geológicas, para expandir suas distribuições quando as mudanças climáticas permitiram, ou abrigar-se em refúgios favoráveis, quando os climas eram desfavoráveis.

A fim de se compreender a dinâmica da vegetação brasileira durante o Quaternário, foram realizados diversos estudos nos quais são estabelecidos intervalos de maior e menor umidade.

Em geral, a transição do Pleistoceno tardio para o Holoceno é marcada por período seco, enquanto o Holoceno é marcado pelo aumento de umidade (SALGADO-LABORIAU, 1996; BEZERRA, 1999; LEDRU et al., 1998).

Suguio et al. (1993) determinou as fases de erosão e sedimentação dos depósitos do vale do rio Tamanduí em São Simão (SP) como:

- ❖ 32.000 – 21.000 anos AP → Clima úmido;
- ❖ 17.000 – 11.000 anos AP → Clima seco com chuvas esparsas;
- ❖ 10.000 – 8.500 anos AP → Clima úmido;
- ❖ 7.500 anos AP até o presente → os depósitos mostraram diversos episódios secos.

Behling (1997) caracterizou a transição Pleistoceno/Holoceno nos Campos Gerais do Paraná da seguinte forma:

- ❖ 12.480 – 9.660 anos AP → Clima seco e frio;
- ❖ 9.660 – 2.850 anos AP → Clima quente com possível aumento da precipitação anual;
- ❖ 2.850 – 1.530 anos AP → Clima úmido com estação seca mais curta, expansão da floresta com Araucária;
- ❖ 1.500 anos AP até o presente → Clima úmido, alta taxa de precipitação, sem estação seca significativa, expansão marcante da floresta de Araucária.

Ledru et al. (1998) sintetiza a transição Pleistoceno/Holoceno no Brasil da seguinte forma:

- ❖ 10.000 – 7.000 anos AP → Condição climática mais seca que a atual;
- ❖ 7.000 – 4.000 anos AP → Aumento da umidade, com desenvolvimento de vegetação arbórea;

- ❖ 4.000 anos AP até o presente → Condições climáticas atuais.

Stevaux (2000) caracteriza o clima na região de Porto Rico (PR) durante a transição Pleistoceno/Holoceno da seguinte forma:

- ❖ 14.000 – 8.000 anos AP → Clima mais seco que o atual;
- ❖ 8.000 – 3.500 anos AP → Clima úmido;
- ❖ 3.500 – 1.500 anos AP → Clima seco, porém menos intenso que o anterior.
- ❖ 1.500 anos AP até o presente → Clima úmido atual.

Garcia et al. (2004) inferiu mudanças climáticas para a região de Jacareí (SP), a partir de análises palinológicas como sendo:

- ❖ 9.720 – 8.240 anos AP → Clima úmido e frio;
- ❖ 8.240 – 3.500 anos AP → Clima úmido e quente;
- ❖ 3.500 – 1.950 anos AP → Clima mais úmido e frio que o atual.

Durante a transição do Pleistoceno para o Holoceno foi verificado período seco em São Simão-SP por Suguio et al. (1993), nos Campos Gerais do Paraná por Behling (1997), no Brasil por Ledru et al. (1998) e em Porto Rico (PR) por Stevaux (2000). O aumento de umidade no Holoceno médio, correspondente ao *optimum climaticum* foi verificado pelos mesmos autores. Contudo, é possível verificar que no Holoceno superior foram observadas regiões com clima seco por Suguio et al., (1993) e Stevaux, (2000), e clima úmido por Behling (1997); Ledru et al., (1998) e Garcia et al., (2004).

#### 4.1.1 Mudanças Climáticas ocorridas no Paraná durante o Quaternário Tardio

Maack (2002) foi o primeiro pesquisador a relacionar a ocorrência dos cerrados no Paraná com as oscilações climáticas do Quaternário, ressaltando que esta vegetação é a mais antiga do estado. Segundo o autor, a desfragmentação e o isolamento dessa vegetação, apontava que este ecossistema era um resquício de uma época em que este tipo de vegetação predominava na região dos planaltos. Posteriormente, os cerrados foram substituídos por florestas subtropicais de araucária.

No interior do domínio dos planaltos das Araucárias encontram-se geótopos relictuais que se comportam como redutos de cerrados. Estes redutos se localizam em áreas onde o relevo proporciona condições para a manutenção dessa

vegetação. Estes pequenos ecossistemas isolados de cerrado são fragmentos em estágio de extinção, já que a presença de cerrado no Paraná é um fenômeno absolutamente inusitado, considerando que as condições ambientais deste estado são discordantes das verificadas no Brasil central. Os cerrados paranaenses se distinguem dos cerrados do Brasil central, principalmente no clima. No Paraná não há uma estação seca prolongada, e as temperaturas são mais baixas, podendo até ocorrerem geadas nos invernos (MAACK, 2002).

Devido a presença de cerrado no estado do Paraná, são realizados diversos trabalhos com o intuito de compreender a origem e a dinâmica dessa vegetação. Tais pesquisas têm caráter paleontológico e utilizam os microfósseis encontrados no solo e os isótopos do carbono para auxiliar na reconstrução da paleovegetação do Paraná.

Santos (2001) pesquisou os paleocanais do alto curso do rio Paraná e constatou que a erosão e o posterior abandono destes canais ocorreram no período seco já registrado no Holoceno superior.

Pesquisas realizadas por Pessenda et al. (2004) na região de Londrina, norte do Paraná, apresentou o predomínio de plantas  $C_4$ , típicas de campos desde o final do Pleistoceno tardio até o Holoceno. Os autores constataram que a expansão da floresta ocorreu a partir de 3.000 anos AP.

Parolin et al. (2006) analisaram os registros palinológicos aliado a outros dados *proxies* para investigar as alterações climáticas presente em Taquarussu (MS). Os autores identificaram seis paleozonas com significativas alterações do clima.

Fernandes (2009) verificou a presença de pólenes arbóreos na região de São Tomé, noroeste do Paraná, desde pelo menos 13.160 anos AP, com aumento da umidade e instalação da Floresta estacional semidecidual por volta de 4.224 anos AP.

Rezende (2010) pesquisou as espículas de esponja de duas lagoas do noroeste paranaense, a fim de realizar a reconstituição paleoambiental da lagoa e compará-la com as lagoas já pesquisadas de Taquarussu-MS.

Monteiro et al. (2011b) estudaram uma turfa na região de Ponta Grossa, sudeste paranaense e constataram fitólitos de gramínea desde pelo menos 3.220 anos AP até o presente.

Marcotti (2012) analisou as condições paleoambientais e paleoclimáticas na planície aluvial do rio Ivaí nos municípios de Icaraíma e Santa Mônica, utilizando os *proxies* fitólitos, espículas de esponja e grãos de pólen.

Santos (2013) perfurou duas trincheiras na região de Douradina-PR a fim de realizar a reconstituição paleogeográfica da região por meio dos *proxies*: fitólitos, espículas de esponja e frústulas de diatomáceas.

Silva (2013) realizou a reconstituição paleoambiental da região de Guarapuava-PR utilizando os *proxies* fitólitos, isótopos estáveis do carbono e datação  $^{14}\text{C}$ .

Bertoldo et al. (2014) constataram pólen típicos de Floresta com Araucária indicando um provável clima úmido e frio na região de Pato Branco (PR).

Luz (2014) verificou que a região de Campo Mourão apresentou uma sucessão de fases secas intercaladas com fases de pouca umidade de 48.800 anos AP. até pelo menos 3.284 anos AP., a partir desse período o autor constatou uma melhoria climática.

Guerreiro et al. (2011) com base em dados palinológicos, identificaram condições de clima úmido, do tipo pantanoso no Holoceno (3.220 anos AP., 2.770 anos AP. e 1.340 anos AP) na planície do Alto Tibagi, próximo ao município de Ponta Grossa, sudeste paranaense.

Parolin et al. (2011a; 2011b) analisaram material polínico, fitólitos, dados isotópicos  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  da região de Campo Mourão e verificaram a predominância de plantas arbustivas, sugerindo clima mais seco e frio que o atual durante o Pleistoceno tardio.

## 4.2 Isótopos estáveis do carbono ( $^{12}\text{C}$ e $^{13}\text{C}$ )

O carbono possui dois isótopos estáveis, o  $^{12}\text{C}$  e o  $^{13}\text{C}$ , sendo que o primeiro é encontrado em abundância na natureza (98,89%), enquanto o  $^{13}\text{C}$  é o isótopo raro (1,11%). A razão ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) em materiais naturais como plantas e matéria orgânica, varia muito pouco em torno de seus valores médios (PESSENDA, 2010). Logo, esses valores podem ser utilizados como referencial na identificação desses materiais. Os isótopos do carbono são utilizados em análises ambientais, baseando-se no fato de que a sua composição isotópica é previsível (GOUVEIA, 2001).

A composição isotópica é dada pela distribuição dos isótopos de carbono na planta, sendo calculada pela razão do isótopo raro ( $^{13}\text{C}$ ), dividido pelo isótopo abundante ( $^{12}\text{C}$ ). O resultado é expresso pela unidade relativa ( $\delta$ ) (GOUVEIA et al., 1997).

A composição isotópica das plantas é diferenciada e podem ser utilizadas para definir o ciclo fotossintético das mesmas. As plantas terrestres são divididas em 2 grupos principais ( $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$ ). Esta definição depende da forma de fixação do  $\text{CO}_2$  e o ciclo fotossintético da planta (GOUVEIA, 2001). De acordo com Gouveia (1999a), aproximadamente 85% das plantas terrestres possuem o ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  (árvores). O  $\delta^{13}\text{C}$  das plantas  $\text{C}_3$  varia entre -22‰ e -32‰, com média de -27‰, essas plantas utilizam três carbonos em seu ciclo fotossintético. Já o ciclo fotossintético das plantas  $\text{C}_4$  (gramíneas), variam entre -9‰ e -17‰, com uma média de -13‰, as plantas  $\text{C}_4$  utilizam quatro carbonos em seu ciclo fotossintético e englobam cerca de 5% das espécies de plantas. As plantas CAM (*crassulacean acid metabolism*) apresentam valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -10‰ e -28‰, e possuem um ciclo fotossintético diferenciado das plantas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$  (GOUVEIA et al., 1997; PESSENDA, 1998). Existem poucos estudos a respeito dessas plantas, mas a sua identificação é possível através da observação do ambiente no qual se encontram (GOUVEIA et al., 1997).

Observando a diferenciação dos sinais isotópicos entre as plantas, o  $\delta^{13}\text{C}$  do carbono orgânico do solo pode ser utilizado para documentar troca de vegetação em solos modernos e paleossolos (PESSENDA, 1998). A matéria orgânica presente no solo, em geral, é oriunda da vegetação de cobertura, e funciona como um testemunho dos eventos climáticos ocorridos no passado. Com a aplicação dos isótopos estáveis do carbono ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{12}\text{C}$ ) é possível identificar a origem da matéria orgânica, se ela é oriunda de plantas  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  ou de misturas de plantas. Estas informações estão sendo usadas para o entendimento da dinâmica das paleovegetações, para inferir mudanças climáticas, e também para entender a relação clima-vegetação (DESJARDINS et al., 1997; PESSENDA et al., 1996; GOUVEIA et al., 1997).

Contudo a mineralização da matéria orgânica do solo induz a um pequeno aumento na concentração de  $\delta^{13}\text{C}$ . Os horizontes mais profundos são de 1 a 3‰ mais ricos em  $\delta^{13}\text{C}$  do que os horizontes do topo do perfil. No entanto, como este

enriquecimento é menor do que 4‰, não mascara a diferença de 14‰ entre plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> (GOUVEIA et al., 1997).

Estudos paleoambientais utilizando os isótopos estáveis do carbono (<sup>12</sup>C e <sup>13</sup>C) na matéria orgânica do solo (MOS) ainda são pouco difundidos. A seguir apresentam-se alguns trabalhos recentes que utilizaram os isótopos estáveis do carbono para a investigação paleoambiental.

Pessenda et al. (1996) analisaram os dados de <sup>13</sup>C e <sup>14</sup>C do solo sob florestas nativas de 3 regiões brasileiras, Londrina (sul), Piracicaba (sudeste) e Altamira (norte). Os dados indicam que as plantas C<sub>4</sub> predominaram na região de Londrina e Piracicaba no início do Holoceno. Já em Altamira as plantas C<sub>3</sub> predominaram para o mesmo período.

Gouveia et al. (1997) indicam por meio de pesquisas com isótopos do carbono em Humaitá (AM) que o clímax do desenvolvimento da floresta tropical ocorreu entre 10.000 e 8.000 anos AP, sugerindo presença de um clima úmido na região. Os autores também perceberam uma regressão da floresta no Holoceno Médio, anterior há 6.000 anos AP, provavelmente em decorrência da presença de um período climático mais seco que atingiu aquela região do Amazonas.

Gouveia et al. (1999a) utilizaram os isótopos estáveis do carbono para identificar a paleovegetação nas cidades de Jaguariúna e Botucatu. Os autores observaram a presença de plantas C<sub>4</sub> no final do Pleistoceno até o Holoceno médio, indicando a ocorrência de um clima mais seco nesse período para a região de Jaguariúna. Contudo, a região de Botucatu apresentou a predominância de plantas C<sub>3</sub>, indicando que esta região não sofreu alterações significativas na vegetação durante este mesmo período.

Pessenda et al. (2004) utilizaram os isótopos estáveis do carbono para identificar a presença de plantas C<sub>4</sub> durante a transição Pleistoceno/Holoceno na região de Londrina-PR.

Saia (2004) realizou a reconstituição paleoambiental na região do Vale do Ribeira, sul do estado de São Paulo, utilizando análises químicas, isótopos do carbono e pólenes.

Pessenda et al. (2009) analisaram a vegetação da ilha de Fernando de Noronha, com base em isótopos de carbono e pólenes, e constataram oscilações nos manguezais da ilha. Os autores atribuíram essas alterações com as mudanças do nível do mar ocorridas durante o Holoceno médio.

Branco et al. (2013) realizaram pesquisas com isótopos de carbono, pólenes e carvões na região nordeste do estado de São Paulo, e constataram a predominância de vegetação de cerrado no início do Holoceno, aproximadamente 10.000 anos AP. Contudo, por volta de 2.000 anos AP a região mostrou o avanço da floresta, apresentando um clima úmido, semelhante ao atual.

#### 4.4 Fitólitos

Fitólitos são micrométricos corpos de sílica, que cristalizam nos corpos vegetais durante o ciclo de vida da planta. A sílica é absorvida pela planta a partir da água do solo. A raiz da planta absorve sílica solúvel, na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), que é então transportado por meio do xilema até os órgãos aéreos, onde há a deposição de sílica sólida em células específicas, os idioblastos ou em espaços extracelulares ou intracelulares (PIPERNO, 1988). Os fitólitos costumam ocorrer principalmente em folhas, caules, raízes e sementes. Estes corpos silicosos são liberados no ambiente quando os vegetais morrem ou se deterioram (MADELLA et al., 2005; BOYADJIAN, 2007).

A sílica mineralizada oferece benefícios às plantas, e as principais funções dos fitólitos são, estruturais, proteção e fisiológicas (PIPERNO, 2006; PIPERNO; SUES 2008; RASBOLD, 2013). Um exemplo do caso estrutural é o arroz, cujas folhas permanecem eretas devido à presença dos fitólitos, permitindo assim a entrada de luz nas folhas baixas, aumentando a atividade fotossintética (BOYADJIAN, 2007). Com relação à proteção, os fitólitos são uma boa estratégia contra os herbívoros e a ação de fungos patogênicos (PIPERNO, 2006). Por fim, as funções fisiológicas envolvem a interação da sílica com outras substâncias que ocorrem na planta ou no meio em que ela cresce. Estudos mostram que a sílica pode até neutralizar os efeitos danosos dos metais pesados que são absorvidos juntamente com a água (BOYADJIAN, 2007).

A formação e o desenvolvimento do fitólito dependem da idade da planta, o clima do ambiente que a planta se desenvolve, a quantidade de água disponível, bem como a natureza do solo (BOYADJIAN, 2007). No entanto, o nível de produção do fitólito também está relacionado com a taxonomia, isto é, algumas plantas produzem fitólito, enquanto outras não (MADELLA et al., 2005).

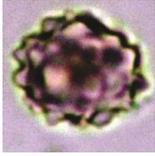
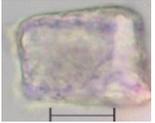
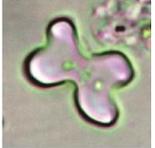
Pesquisas realizadas sobre os padrões de silicificação e produção de fitólitos têm demonstrado que há uma forte influência genética conduzindo sua formação, o que faz com que a produção de muitos tipos de fitólitos seja consistente dentro do mesmo táxon crescendo sob condições ambientais muito diferentes. Dessa forma, certos tipos de fitólitos são característicos de uma família, gênero ou até espécie (BOYADJIAN, 2007). A quantidade e a morfologia dos fitólitos encontrados em plantas atuais é um referencial para a identificação taxonômica em sedimentos, que pode chegar ao nível de família botânica, e por vezes de gênero (RASBOLD et al, 2011). Logo, a análise desses microfósseis é de grande valia para a arqueologia, a bioantropologia, a paleontologia, já que permite a investigação do passado através da reconstrução paleoambiental (BOYADJIAN, 2007).

De acordo com Coe (2009), um tipo de vegetação produz uma assembleia característica intra e intercelular, podendo indicar a vegetação que existia no local. Marcotti (2012) salienta que esses *proxies*, diferentemente de outros se apresentam depositados *in situ*, e, por serem compostos por sílicas, conseguem se preservar em diversos ambientes.

Segundo Piperno e Sues (2008), as gramíneas (Poaceae) possuem cerca de 10.000 espécies existentes, é a família de plantas com flores mais dominante e fornecem alimentos básicos para grande parte da humanidade.

Conforme se verifica no quadro 1, algumas famílias de plantas produzem fitólitos morfologicamente distintos; As palmeiras (*Globular echinate*), as dicotiledôneas lenhosas (*Globular granulate* e *Block*), as Cyperaceae (*Cone shape*). Contudo, as Poaceae, que são as maiores produtoras de fitólitos, podem ser distintas ao nível de subfamília. Dentro das subfamílias de Poaceae, a Panicoideae é característica de ambientes quentes e úmidos, produz principalmente fitólitos do tipo *Bilobate*, *Polylobate* e *Cross*. A subfamília Chloridoideae, característica de ambientes quentes e secos, produz com predominâncias o morfotipo *Saddle*. A subfamília Pooideae, característica de regiões temperadas, frias e altas altitudes, produz principalmente o morfotipo *Rondel*. Os morfotipos de fitólitos característicos da família Poaceae, que não podem indicar subfamília são os *Bulliforms*, *Elongates* e *Hair cell* (COE et al., 2011, 2012).

**Quadro 1:** Relação dos morfotipos de fitólitos produzidos por famílias de plantas

FAMILIA	SUB FAMILIA	AMBIENTE	MORFOTIPO	
			Nome	Forma
Arecaceae Bromeliaceae Marantaceae			<i>Globular Echinata</i>	
Dicotiledoneas lenhosas			<i>Globular Granulate</i>	
			<i>Block</i>	
Cyperaceae			<i>Cone Shape</i>	
Poaceae	Panicoideae	Quente e úmido	<i>Bilobate</i>	
			<i>Polylobate</i>	
			<i>Cross</i>	
	Chloridoideae	Quente e seco	<i>Saddle</i>	
	Pooideae	Regiões temperadas (frio e alta altitude)	<i>Rondel</i>	

Estudos com fitólitos são importantes, pois em certos ambientes, como a floresta tropical, os grãos de pólen não se preservam e os restos vegetais são decompostos rapidamente, restando apenas o fitólito para auxiliar na reconstrução paleoambiental (PIPERNO, 1988). Outra vantagem do uso de fitólitos na reconstrução paleoambiental é o fato destes apontarem a dieta de uma população pretérita. Neste caso, o pólen não é confiável, tendo em vista que seus grãos são facilmente levados para lugares diferentes de sua região de origem, sendo esta, uma estratégia reprodutiva de algumas espécies (BOYADJIAN, 2007).

A análise fitolítica tem sido utilizada, sob três perspectivas: (i) atualista, quando se busca identificar as espécies produtoras e não produtoras, e/ou para esclarecer suas funções na planta; (ii) histórico, quando os fitólitos encontrados no material arqueológico são usados para reconstrução do ambiente e, (iii) classificação e metodologia de tratamento do solo e das espécies atuais para criação de coleções de referências (CALEGARI et al., 2009).

A seguir são apresentados alguns trabalhos que utilizam fitólitos em suas pesquisas.

Silva e Laboriau (1970) realizaram um levantamento dos fitólitos encontrados em dez espécies de gramíneas típicas do Cerrado. Dentre os fitólitos encontrados, os morfotipos *Bilobate*, *Sadlle*, *Elongate* e *Bulliform Cuneiform* foram encontrados nas dez espécies pesquisadas.

Piperno (1984) comparou o tamanho e a morfologia dos fitólitos presentes no milho com os fitólitos de gramíneas silvestres. Tal pesquisa auxilia na identificação de dietas pretéritas baseadas no consumo do milho.

Piperno (1990) constatou que o cultivo do milho na bacia Amazônica teve seu início por volta de 5.300 anos AP. A autora definiu essa idade a partir de pesquisas juntamente com o histórico da agricultura indígena, bem como com o uso da terra na bacia Amazônica.

Madella et al. (2005) propuseram um código de nomenclaturas de fitólitos para a padronização e harmonização dos nomes, com o intuito de facilitar a comunicação entre os pesquisadores e diminuir o número de sinônimos e homônimos. O código leva em consideração a forma, a ornamentação e se possível a origem anatômica para a formação do nome de um fitólito.

Lepsch e Paula (2006) analisaram os fitólitos e o silício de solos do cerrado em três localidades do triângulo mineiro. Observaram que nos três locais a

quantidade de fitólito decaía com a profundidade, em contrapartida a quantidade de silício aumentava com a profundidade.

Boyadjian (2007) analisou os fitólitos encontrados no cálculo dentário para inferir a dieta dos indivíduos de Jabuticabeira II (SC) e Moraes (SP).

Calegari (2009) utilizou as assembleias de fitólitos para analisar os horizontes superficiais húmico em latossolos do sul do Brasil.

Rasbold et al. (2010) realizaram um trabalho de identificação de fitólitos em plantas atuais. Esta pesquisa identificou as formas de fitólitos encontradas em *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae).

Coe et al. (2011) utilizaram as análises fitolíticas aliadas às análises físico-químicas, isotópicas, orgânicas e ligninas para identificar as zonas homogêneas do perfil da área de estudo. As autoras concluíram que os resultados de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , %C, C/N e de ligninas foram os que mais corroboraram com os resultados das análises fitolíticas.

Monteiro et al. (2011b) utilizaram os morfotipos de fitólitos e os isótopos do carbono para analisar a paleovegetação da região de Ponta Grossa.

Coe et al. (2012) pesquisaram duas áreas no Rio de Janeiro (Cabo Frio e Bacia do rio São João) e uma área em Minas Gerais (Espinhaço). Na região de Cabo Frio, os fitólitos permitiram identificar as mudanças na densidade de cobertura arbórea em nível de detalhe. Na bacia do rio São João, os fitólitos auxiliaram na compreensão da gênese do solo. Na região do Espinhaço, os dados auxiliaram na compreensão da cobertura arbórea.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

A escolha da Trincheira Cerrado fez-se a partir da presença de Cerrado em uma região de ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, enquanto a Trincheira Cianorte apresenta Floresta Estacional Semidecidual. Os tipos de vegetações distintas das duas áreas instiga a compreensão da dinâmica ambiental da região, já que a vegetação está diretamente interligada com as condições climáticas e de solos. As seções a seguir apresentarão os procedimentos metodológicos e técnicas utilizadas nessa pesquisa.

## 5.1 Coleta das amostras

Para a coleta das amostras da Trincheira Cianorte foi perfurada uma trincheira em uma reserva florestal da CMNP, no município de Cianorte, noroeste do Paraná. Sendo que a trincheira possui três metros de profundidade, as amostras foram retiradas da base ao topo em intervalos de 10cm, totalizando 30 amostras. As amostras ficaram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados nos laboratórios do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente-GEMA e Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam - LEPAFE.

As amostras da Trincheira Cerrado se encontravam no LEPAFE, tendo em vista que a mesma trincheira foi pesquisada por Luz (2014). Contudo, as amostras das duas trincheiras seguiram a mesma metodologia de coleta.

## 5.2 Extração, contagem, identificação e concentração dos fitólitos

Para a extração dos fitólitos, modificou-se o método proposto por Santos et al. (2011) constituindo em:

I- Secar as amostras em estufa (40°C/12h); II- Peneirar o material em peneiras de 0,25mm; III- Separar 20g do material peneirado em um cadinho de porcelana, deixando-o na mufla a 500°C/5 horas (queima da matéria orgânica); IV- Tratar o material com 100ml de HCl (ácido clorídrico) à 50°C durante 25 minutos (eliminação de impurezas das cinzas e do óxido de ferro); V- Reduzir a acidez lavando o material com água destilada, agilizando-se o processo com centrifugação (1.000 rpm/5min.); VI- Repetir o procedimento “V” por quatro vezes, ou até retirar todo o ferro do solo; VII- Diluir o material em provetas (100ml) com água destilada, removendo a argila por sifonamento, a partir de 10 agitações a cada 10 minutos; VIII- Após retirar a argila, secar o material resultante em estufa a 110°C; IX- Misturar ao material seco  $ZnCl_2$  (densidade 2,35g/cm<sup>3</sup>), agitando com bastão de vidro; X- Centrifugar o material por 3min., em seguida retirar a porção sobrenadante; XI- Lavar o sobrenadante com água destilada e centrifugar (1.000 rpm/5min.) o material até a retirada do  $ZnCl_2$ ; XII- Coletar o material duas vezes com uma pipeta de 25µm, colocando 50µm em cada lâmina. Secar as lâminas em chapa quente; XIII- Fechar as lâminas com Entellan® e lamínula; XIV- Foram produzidas cinco (05) lâminas

para cada amostra; XV- Foram contados 200 fitólitos por sequência (10 em 10cm), utilizando o microscópio Olympus CX21 com objetiva de 40X; XVI- Efetuar a densidade fitolítica da seguinte forma: selecionar 3 lâminas por amostra, contar os fitólitos encontrados em 3 transectos por lâmina; XVII- Classificar os fitólitos conforme o **International Code for Phytoliths Nomenclature 1.0** (MADELLA et al. (2005).

A contagem e a concentração dos morfotipos de fitólitos foram expressas em forma de gráfico produzido pelo *software* Tilia Graph®.

### 5.3 Determinação das frações granulométricas

A determinação das frações granulométricas foi realizada seguindo os procedimentos da EMBRAPA (1997).

#### 5.3.1 Sedimentação das frações silte e argila

I- Pesar 20g de TFSA em becker de peso conhecido; II- Adicionar 100ml de água e 10ml de solução de hidróxido de sódio; III- Agitar o material no agitador eletrônico durante 16 horas; IV- Passar o conteúdo através de peneira com malha de 0,053mm para uma proveta de 1.000ml; V- Lavar o material retido na peneira com água destilada, até a completa passagem do silte e da argila, completar o volume da proveta até alcançar 1.000ml; VI- Após agitar a suspensão durante 60 segundos com um bastão; VII- Preparar a prova em branco (colocando o dispersante utilizado em proveta de 1.000ml contendo água destilada). Completar o volume e agitar durante 60 segundos; VIII- Medir a temperatura da prova em branco e da amostra e verificar o tempo de sedimentação da fração silte para 10cm de profundidade; IX- Introduzir uma pipeta de 50ml, até a profundidade de 10cm, e coletar a suspensão; X- Transferir para o becker numerado e de peso conhecido; XI- Repetir o procedimento “IX” e “X” para a prova em branco; XII- Após 3 horas, repetir o procedimento “IX” e “X” a 5cm de profundidade, para coleta da fração argila; XIII- Colocar os beckers na estufa e deixar durante 24h ou até evaporar completamente a suspensão; XIV- Pesar o becker com aproximação de 0,0001g, concluindo, assim, a determinação das frações silte, argila e do resíduo da prova em branco; XV- Calcular os valores das frações silte e argila.

### 5.3.2 Separação da areia

I- Transferir o material retido na peneira de 0,053mm para um becker numerado e de peso conhecido; II- Secar a fração areia em estufa (3 a 5 horas) ou até a completa evaporação da solução; III- Transferir essa fração para o jogo de peneiras com as seguintes malhas (2,0mm; 1,0mm; 0,500mm; 0,250mm; 0,125mm; 0,063); V- Agitar o jogo de peneiras durante 10 minutos em agitador eletrônico; VI- Pesar o material restante de cada peneira e do fundo, para a separação das frações granulométricas; VII- Calcular os valores das frações arenosas.

### 5.4 Análise Isotópica e Datação $^{14}\text{C}$

Análise isotópica: Foram selecionadas doze (12) amostras da Trincheira Cianorte, nas profundidades: 10cm, 30cm, 50cm, 70cm, 100cm, 110cm, 130cm, 150cm, 170cm, 200cm, 220cm e 240cm. Após a separação e secagem as amostras foram destorroadas, retirando-se os fragmentos orgânicos (carvão, raízes, insetos etc). Posteriormente as amostras foram peneiradas a 0,2mm para análise isotópica e análise do carbono orgânico total, e enviado para o **Center for Applied Isotope Studies** (CAIS), na Georgia - EUA.

Datação dos fragmentos de carvão: Para a extração do carvão foram selecionadas quatro (04) amostras de solo da Trincheira Cianorte, nas profundidades (50cm, 100cm, 150cm e 200cm). As amostras foram peneiradas em malha de 0,2mm, com o auxílio da lupa os carvões foram coletados com espátula de alumínio e acondicionados em frascos devidamente identificados respectivamente como (T50, T100, T150; T200). As amostras de carvões foram enviadas para o **Center for Applied Isotope Studies** (CAIS), na Georgia - EUA.

Para a análise isotópica da Trincheira Cerrado foram coletadas quinze amostras ao longo do perfil, nas profundidades (0-10; 30-40; 40-50; 60-70; 90-100; 100-110; 120-130; 140-150; 160-170; 190-200; 200-210; 220-230; 240-250; 260-270; 270-280), seguindo os mesmos procedimentos metodológicos utilizados na Trincheira Cianorte. Para a determinação da idade foi utilizado a datação por  $^{14}\text{C}$  de uma amostra coletada na profundidade 120-130cm.

## 5.5 Produção dos mapas

Foram gerados 6 mapas no programa Quantum Gis®, com base de dados do ITCG. Os mapas produzidos foram: geologia, geomorfologia, solos, clima, vegetação e declividade.

## 6 RESULTADOS

Nesta seção serão abordados os resultados obtidos na Trincheira Cerrado e na Trincheira Cianorte. O primeiro tópico abordará a granulometria, a datação  $^{14}\text{C}$ , a análise isotópica e a assembleia de fitólitos presentes na Trincheira Cerrado. O segundo tópico abordará a granulometria, a datação  $^{14}\text{C}$ , a análise isotópica e a assembleia fitolítica presentes na trincheira Cianorte.

### 6.1 Resultados da Trincheira Cerrado em Campo Mourão (PR)

Os resultados granulométricos da Trincheira Cerrado apontam alta concentração de argila da base ao topo, as frações silte grosso e areia apresentam baixa concentração (Tabela 1). Os resultados indicam a presença de Latossolo argiloso, oriundo da alteração de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

**Tabela 1:** Porcentagem das frações granulométricas distribuídas no perfil de solo da Trincheira Cerrado em Campo Mourão (PR)

Prof. (cm)	Argila (%)	Silte fino (%)	Silte grosso (%)	Areia fina (%)	Areia grossa (%)
10	72	17	3	6	2
30	65	25	3	5	1
70	74	19	1	4	1
100	71	18	5	5	1
130	76	14	4	5	1
150	71	18	5	5	1
200	73	15	5	5	1
240	72	16	5	6	1
290	73	14	6	6	1

A Trincheira Cerrado foi datada por  $^{14}\text{C}$  em 5.820 anos AP, no intervalo de 130-120cm de profundidade (LUZ 2014;LUZ; PAROLIN, 2014) (Gráfico 3).

O sinal isotópico da trincheira variou entre -17,13‰ na base a -18,94‰ no topo da trincheira (Gráfico 3). O sinal mais enriquecido da trincheira aparece entre

260-270cm de profundidade com -14,48‰, caracterizando plantas com ciclo fotossintético C<sub>4</sub>. Entre 150-140cm o sinal apresenta -18,45‰ (mistura de plantas C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>). A partir desta profundidade em direção ao topo o sinal volta a enriquecer chegando a -16,33‰ entre 40-30cm (plantas do tipo C<sub>4</sub>). No topo o sinal é de -18,94‰ (mistura de plantas C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>).

É possível observar no gráfico 3 que a concentração de morfotipos de fitólitos se manteve baixa (aproximadamente 10 morfotipos) no intervalo entre 300 a 180cm de profundidade. Contudo, no intervalo entre 180 a 100cm de profundidade, houve um pequeno aumento de concentração de fitólitos ( $\leq 30$  morfotipos). De 100cm de profundidade ao topo da trincheira a concentração de fitólitos aumenta significativamente ( $\leq 200$  morfotipos).

O morfotipo *short-cell Rondel* (Figura 9) é registrado com baixas concentrações (aproximadamente 10 *Rondels*), no intervalo entre 300 a 140cm. Entre 120 a 50cm de profundidade a concentração desse morfotipo aumenta, se considerado o período anterior (aproximadamente 20 *Rondels*). De 50cm de profundidade ao topo da trincheira há um aumento considerável em suas concentrações (aproximadamente 30 *Rondels*).

As concentrações do morfotipo *short-cell Bilobate* (Figura 9) são baixas nos intervalos entre 300 a 200cm ( $\leq 10$  *Bilobates*) e 200 a 90cm ( $\leq 20$  *Bilobates*). A partir de 80cm de profundidade até o topo da trincheira, a concentração desse *short-cell* é expressiva em relação à base da trincheira (aproximadamente 60 *Bilobates*), apresentando seu momento de máxima concentração no intervalo 10-0cm (64 *Bilobates*).

O morfotipo *Cross* é registrado apenas nos intervalos de 70 a 50cm e entre 30 a 0cm de profundidade, apresentando baixas concentrações ( $\leq 4$  *Cross*).

O morfotipo *Trapeziform Polylobate* é registrado no intervalo de 300 a 270cm de profundidade com concentrações altas ( $\leq 20$  *Trapeziforms Polylobate*), quando comparadas com os intervalos de 230cm a 40cm ( $\sim 15$  *Trapeziforms Polylobate*) e ao topo da trincheira ( $\leq 5$  *Trapeziforms Polylobate*).

O morfotipo *Cone Shape* é registrado em três momentos ao longo da trincheira (270-230, 190-100 e 60-0 cm), com concentrações variadas, porém muito baixas quando comparadas a outros morfotipos (aproximadamente 5 *Cone Shapes*).

Conforme pode ser observado no gráfico 3 o *short-cell Saddle* encontra-se distribuído de maneira quase uniforme ao longo da trincheira, sendo que no intervalo

230-220cm tem-se 18 fitólitos e no intervalo de 50-40 a concentração é de 51 fitólitos. Vale observar que ao longo do perfil a variação é pouco significativa (aproximadamente 40 *Saddles*).

Os morfotipos *long-cells Elongate Echinate* e *Elongate Psilate* apresentam concentrações de aproximadamente 30 fitólitos entre 300 e 200cm de profundidade. No intervalo entre 190 a 110cm de profundidade mostram um leve declínio em relação à base (aproximadamente 20 *Elongates*). De 110cm ao topo da trincheira o *Elongate Echinate* reduz suas concentrações ( $\leq 10$  *Elongates Echinate*). Enquanto o *Elongate Psilate* diminui suas concentrações com relação ao período anterior (aproximadamente 15 *Elongates Psilate*).

O morfotipo *Hair cell* aparece distribuído em toda a trincheira com poucas variações em suas concentrações (aproximadamente 10 *Hair cells*).

O morfotipo *Bulliform Cuneiform* apresenta concentrações de aproximadamente 25 morfotipos no intervalo de 300 a 130cm de profundidade, com momentos de maiores concentrações nos intervalos entre 250 a 220cm (aproximadamente 40 *Bulliforms Cuneiform*) e 170 a 160cm de profundidade (aproximadamente 30 *Bulliforms Cuneiform*). De 120cm ao topo as concentrações desse morfotipo diminuem significativamente ( $\leq 15$  *Bulliforms Cuneiform*).

O morfotipo *Bulliform Block* apresenta as concentrações mais altas no intervalo entre 300 e 120cm de profundidade (aproximadamente 25 *Bulliform Block*), com momento de maior concentração no intervalo de 230-220cm de profundidade (aproximadamente 33 *Bulliforms Block*). De 110cm ao topo da trincheira a concentração desse morfotipo diminui gradativamente, contudo apresenta outro momento de concentração no intervalo de 20-10cm de profundidade (29 *Bulliforms Block*).

O *Globular Echinate I* aparece nos intervalos de 300 a 270cm e 240 a 200cm de profundidade com baixíssimas concentrações quando comparados a outros morfotipos (aproximadamente 5 *Globulares Echinate I*). De 190cm ao topo da trincheira as concentrações do *Globular Echinate I* aumentam consideravelmente (aproximadamente 20 *Globulares Echinate I*), enquanto o *Globular Echinate II* aparece a partir de 170cm de profundidade. A partir de 110cm até o topo da trincheira aumentam as concentrações do *Globular Echinate II* (aproximadamente 5 *Globulares Echinate II*).

Os morfotipos caracterizados como *Tree*, estão distribuídos ao longo da trincheira. Contudo, no intervalo de 300 a 200cm de profundidade as concentrações desse morfotipo são baixas quando comparados aos outros morfotipos (aproximadamente 5 *Trees*). De 190cm ao topo da trincheira, as concentrações aumentam (aproximadamente 10 *Trees*), apresentando um momento de concentração no intervalo de 70-60cm de profundidade (19 *Trees*).

**Figura 9:** Morfotipos de fitólitos encontrados no perfil de solo da Trincheira Cerrado: 1 A- 1G: *Bilobate*; 2A – 2B: *Saddle*; 3A – 3B: *Rondel*; 4A- 4D: *Globular Echinate*; 5A – 5B: *Bulliform Cuneiform*; 6A – 6C: *Bulliform Block*; 7A- 7B: *Elongate Echinate*

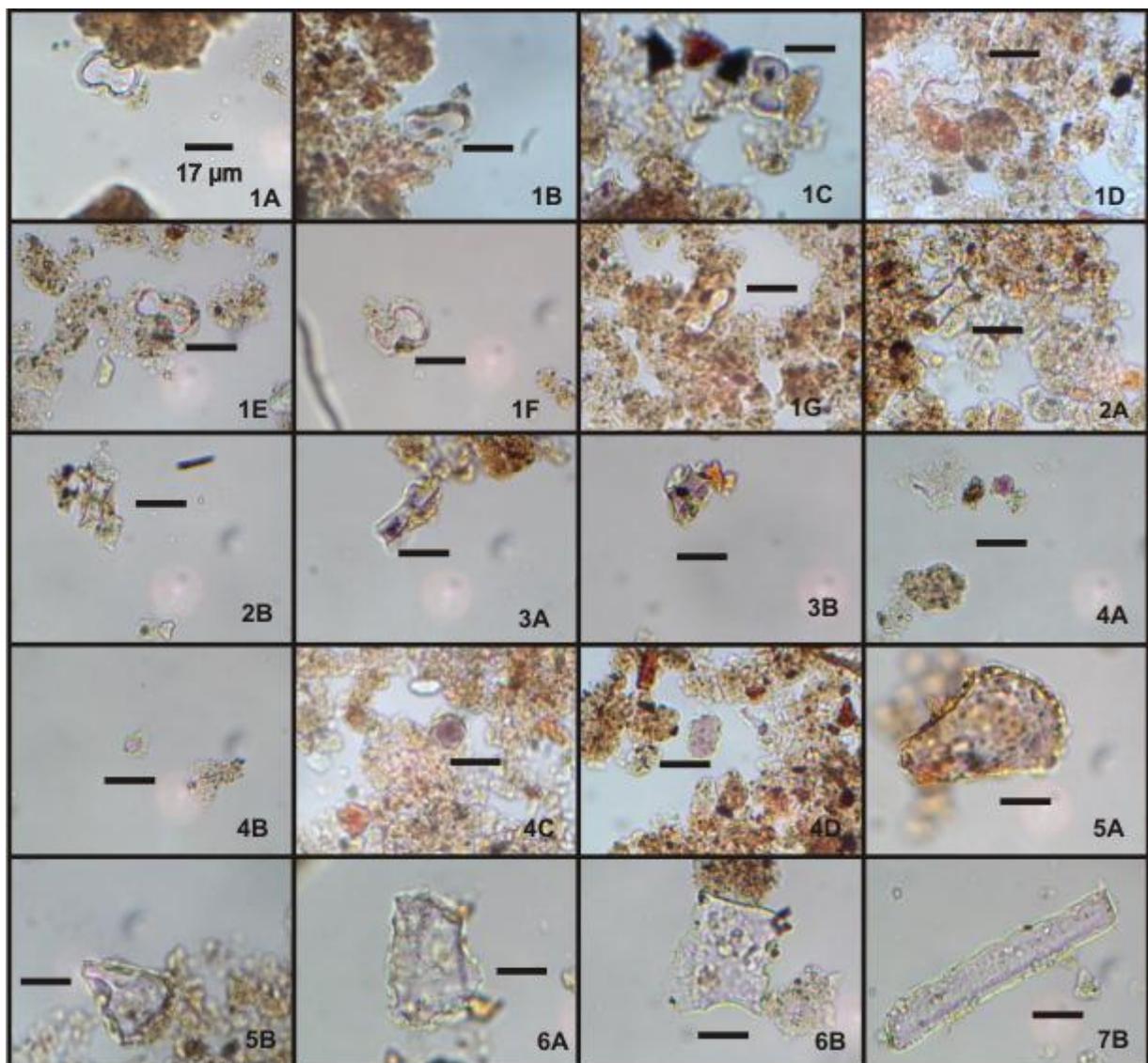
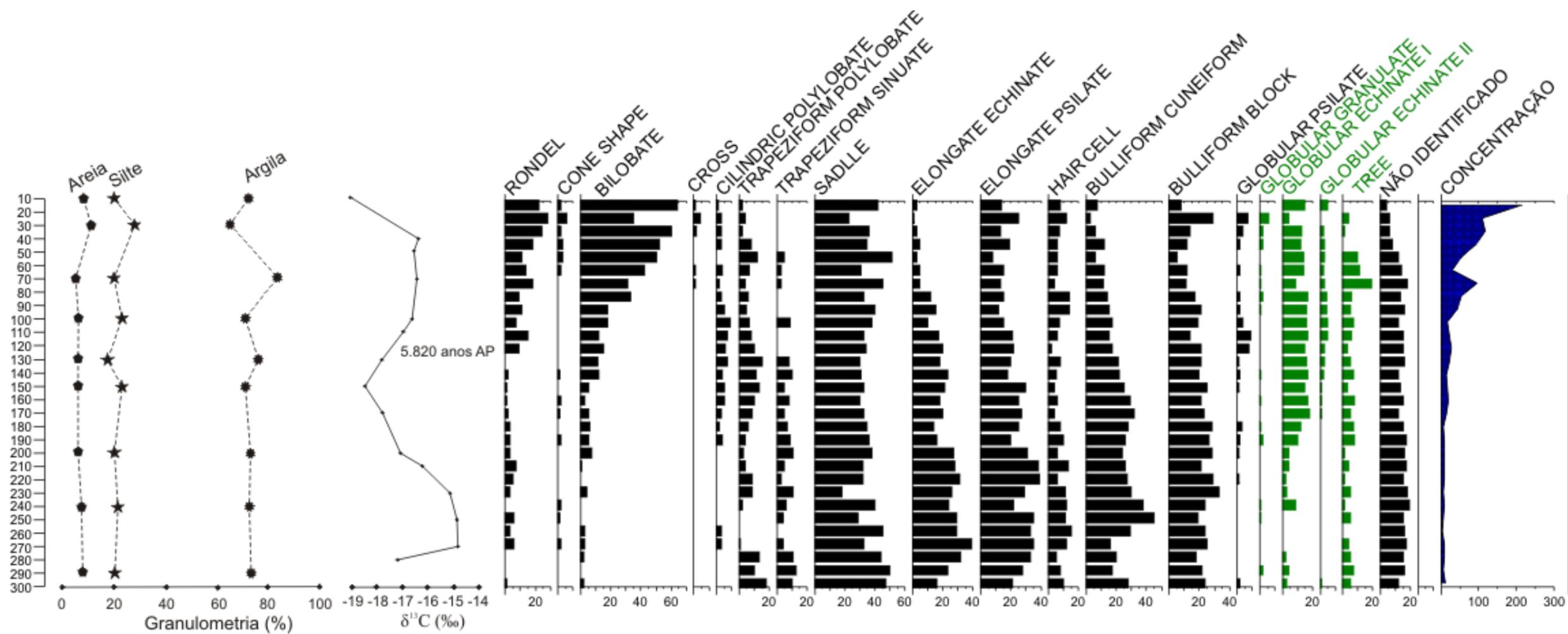


Gráfico 3: Porcentagem das frações granulométricas, resultado isotópico de  $\delta^{13}\text{C}$ , datação por  $^{14}\text{C}$  e concentração de fitólitos encontrados no perfil de solo da Trincheira Cerrado em Campo Mourão (PR)



## 6.2 Resultados da Trincheira Cianorte em Cianorte (PR)

Os resultados granulométricos da Trincheira Cianorte evidenciam maior concentração de areia grossa e areia fina, enquanto as concentrações de silte e argila são baixas (Tabela 2). Os resultados indicam a presença de Latossolo Vermelho com textura média arenosa, a maior concentração de areia nesta trincheira pode ser explicada pela presença do Arenito Caiuá. A Trincheira Cianorte foi datada em quatro profundidades, como pode ser verificado na tabela 3.

**Tabela 2:** Porcentagem das frações granulométricas distribuídas no perfil de solo da Trincheira Cianorte em Cianorte, Paraná

Prof. (cm)	Argila (%)	Silte fino (%)	Silte grosso (%)	Areia fina (%)	Areia grossa (%)
10	11	3	2	21	63
30	10	5	2	22	61
70	15	3	1	20	61
100	16	2	2	25	54
130	19	2	2	24	54
150	18	2	2	26	53
200	20	1	2	26	52
240	19	1	2	26	52
290	18	2	2	27	51

**Tabela 3:** Datação por  $^{14}\text{C}$  da Trincheira Cianorte em Cianorte (PR)

50 (cm)	100 (cm)	150 (cm)	200 (cm)
1.223 anos cal AP	2.546 anos cal. AP	4.189 anos cal. AP	6.060 anos cal. AP

O sinal isotópico  $\delta^{13}\text{C}$  da trincheira Cianorte (Gráfico 4) registrou pouca variação, sendo que da base ao topo a média é de 24,45‰. Na base da trincheira (240-230cm) o valor de  $\delta^{13}\text{C}$  é de -24,5‰. Da base a 50-40cm de profundidade este valor varia muito pouco (1,5‰), apresentando o momento mais enriquecido (-23,5‰) nos intervalos 100-90cm e 70-80cm. Contudo, a partir de 30cm de profundidade em direção ao topo observa-se empobrecimento isotópico, principalmente nas profundidades de 30-20cm (-25,7‰) e 10-20cm (-26,8‰).

Com relação à concentração de fitólitos, é possível observar no gráfico 4 que o intervalo de 300 a 140cm de profundidade apresenta baixa concentração ( $\leq 30$  morfotipos), com exceção de dois momentos de maior concentração nos intervalos 230-220cm (75 morfotipos) e 190-180cm (63 morfotipos). O intervalo entre as profundidades 140 a 90cm apresenta alta concentração, se comparado ao intervalo

anterior ( $\leq 117$  morfotipos). No intervalo 90-80cm verifica-se queda abrupta na concentração (36 morfotipos). Contudo, o intervalo 80-70cm tem-se o máximo da concentração fitolítica na trincheira (387 morfotipos). O intervalo entre 70 a 10cm de profundidade registra altas concentrações (aproximadamente 130 morfotipos), se comparado aos outros intervalos. O topo da trincheira 10-0cm apresenta concentração próxima àquela detectada no intervalo de 80-70 cm (321 morfotipos).

Os morfotipos *short-cells Rondel*, *Trapeziform Polylobate*, *Hair cell* e *Bulliform Block* (Figura 10) são registrados em praticamente todo perfil da trincheira. As concentrações desses morfotipos, quando comparada aos valores verificados na trincheira pode ser considerada moderada ( $\leq 17$  morfotipos). As concentrações dos morfotipos *short-cell Bilobate* e *Cone Shape* são muito baixas da base da trincheira a 10cm de profundidade ( $\leq 6$  *Bilobates*). O topo da trincheira apresenta altas concentrações, se comparada ao intervalo anterior (17 morfotipos).

O morfotipo *short-cell Saddle* (Figura 10) está presente em todo o perfil de solo da trincheira. Com momento máximo de concentração no intervalo 210-200cm (44 *Saddles*) e mínimo no intervalo 10-0cm (4 *Saddles*). O intervalo entre 300 a 200cm de profundidade apresenta alta concentração quando relacionados aos morfotipos já descritos ( $\leq 44$  *Saddles*). O intervalo entre 200 a 90cm de profundidade apresenta queda nas concentrações ( $\leq 20$  *Saddles*), mas continua alta, se comparado a outros morfotipos. De 90cm ao topo da trincheira há um pequeno aumento nas concentrações (aproximadamente 25 *Saddles*), com exceção dos intervalos 80-70cm; 60-50cm e 10-0cm que registram concentração mais baixa (aproximadamente 5 *Saddles*).

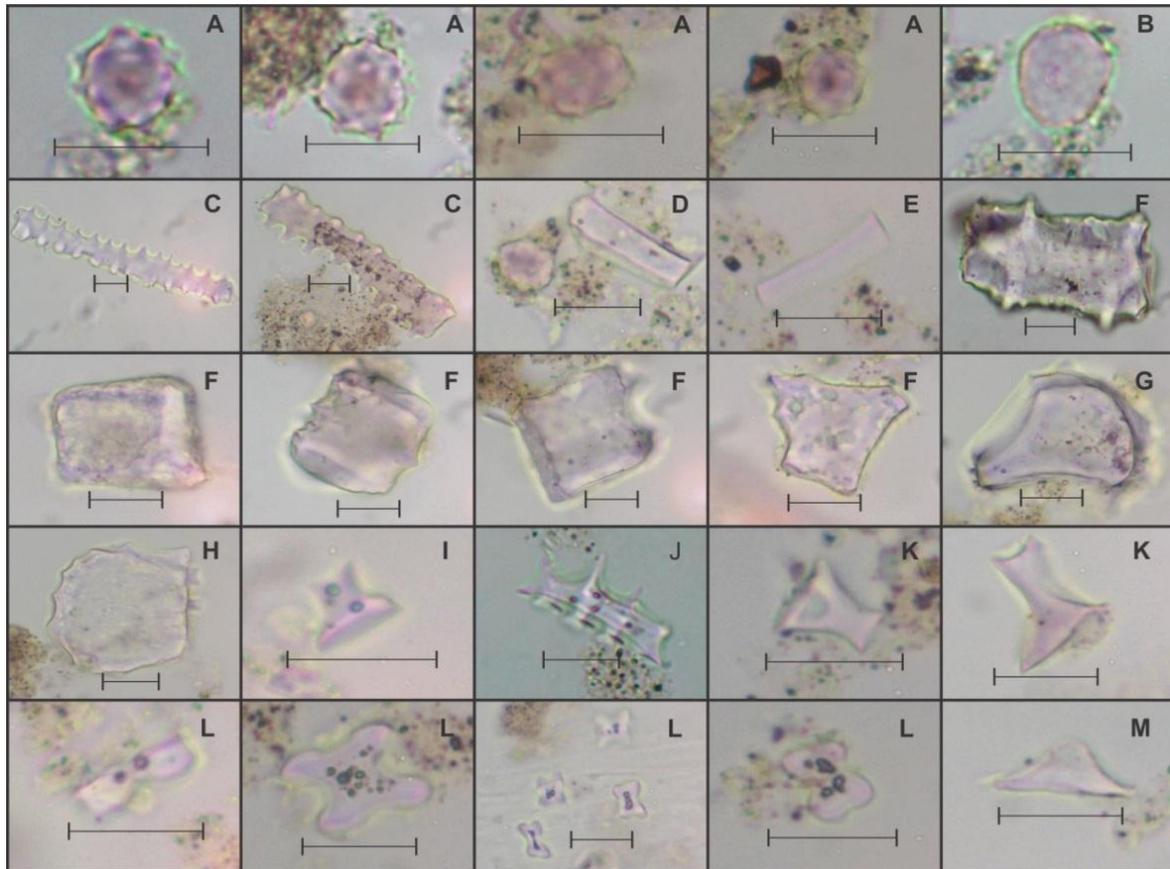
O morfotipo *long-cell Elongate Echinata* apresenta concentrações variadas ao longo do perfil de solo. Com altas concentrações nos intervalos 300-250cm; 210-130cm; 90-80cm; 40-30cm e 20-0cm ( $\leq 38$  *Elongate Echinata*) e um pouco mais baixas nos intervalos de 250-210cm; 130-40cm e 30-20cm ( $\leq 11$  *Elongate Echinata*).

O morfotipo *long-cell Elongate Psilate* é registrado em todo o perfil de solo. No intervalo entre 300 a 160cm as concentrações são altas se comparadas aos outros morfotipos (aproximadamente 20 *Elongates Psilate*). Nos intervalos entre 150 a 90cm, 70 a 30cm e 20 a 0cm as concentrações diminuem, se comparado ao período anterior ( $\leq 15$  *Elongate Psilate*). Vale destacar que os valores máximos registrados foram nos intervalos de 80-70cm e 30-20cm (43 e 39 *Elongates Psilate*) respectivamente.

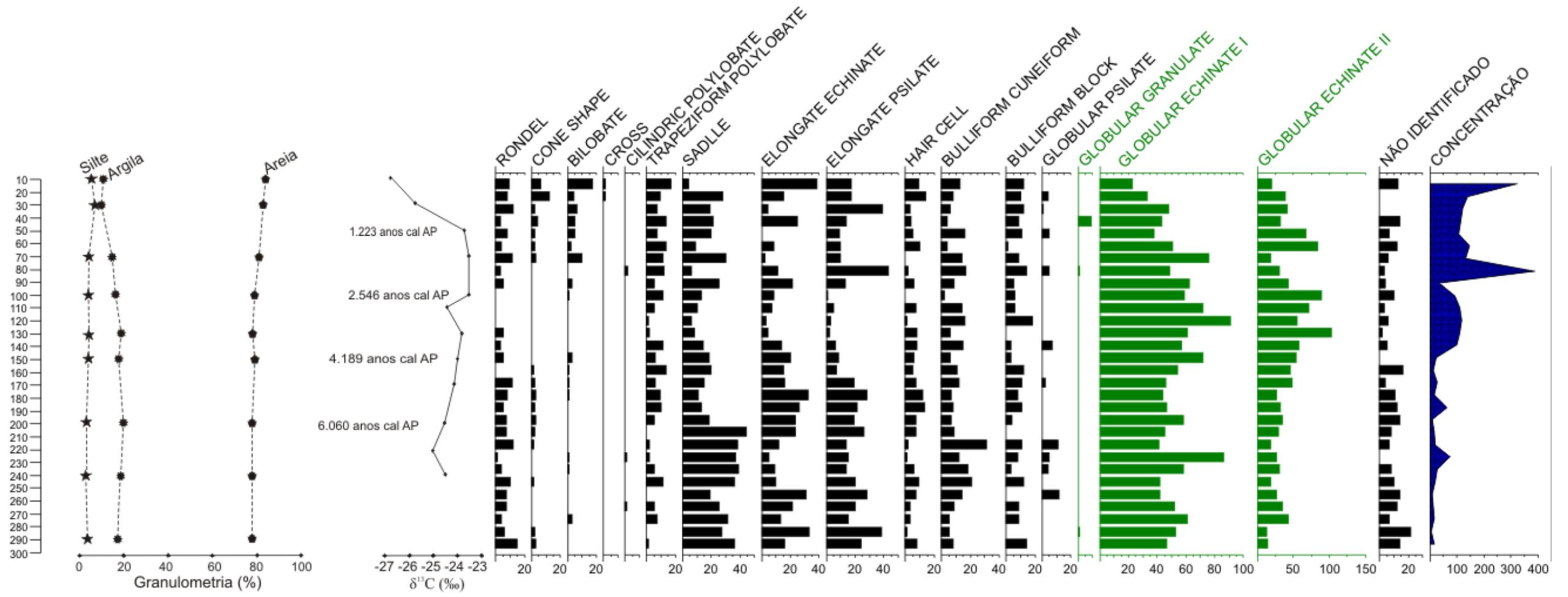
O morfotipo *Bulliform Cuneiform* se apresenta distribuído em todo o perfil, com concentração máxima no intervalo 220-210cm (31 *Bulliforms Cuneiform*) e mínimo no intervalo 100-90cm (2 *Bulliforms Cuneiform*). Contudo, apesar dessa variação, as concentrações médias oscilam pouco (aproximadamente 20 *Bulliforms Cuneiform*).

É possível observar no gráfico 4 que os morfotipos *Globulares Echinata* I e II predominam em relação aos outros morfotipos, sendo a maior do morfotipo *Globular Echinata* I registrada no intervalo 120-110cm (91 *Globulares Echinata* I) e do *Globular Echinata* II no intervalo 130-120 (102 *Globulares Echinata* II). Já nos intervalos de 10-0cm tem-se as mínimas concentrações de *Globular Echinata* I (23 *Globulares Echinata* I) e do *Globular Echinata* II está no intervalo 290-280cm (12 *Globulares Echinata* II). Apesar da variação dos valores de máxima concentração para os de mínima, a média é de 40 morfotipos.

**Figura 10:** Morfotipos de fitólitos encontrados na área II: a) *Globular Echinata*; b) *Globular Granulate*; c) *Trapeziform Polylobate*; d) *Globular Granulate* e *Elongate Psilate* e) *Elongate Psilate*; f) *Block*; g) *Bulliform Cuneiform*; h) *Hair*; i) *Rondel*; j) *Bilobate Chusqueia*; k) *Rondel*; l) *Bilobate*; m) *Cone Shape*



**Gráfico 4:** Porcentagem das frações granulométricas, resultado  $\delta^{13}\text{C}$ , idade  $^{14}\text{C}$  e concentração de fitólitos encontrados na trincheira Cianorte em Cianorte (PR)



## 7 DISCUSSÃO

Nesta seção serão abordadas as discussões dos resultados da Trincheira Cerrado e da Trincheira Cianorte.

### 7.1 Aspectos do clima e vegetação pretéritos da região de Campo Mourão (PR)

Considerando os isótopos estáveis do carbono e a identificação dos fitólitos da Trincheira Cerrado foi possível o estabelecimento de três fases paleoambientais.

#### Fase I

Compreende o intervalo entre 300 a 190cm de profundidade, com idade superior a 5.820 anos AP. Esta fase apresenta um sinal isotópico enriquecido característico de plantas com ciclo fotossintético C<sub>4</sub>, que indica, geralmente a ocorrência de gramíneas. A presença de gramíneas indicada pelo  $\delta^{13}\text{C}$  corrobora a predominância dos morfotipos de fitólitos visualizados nesta fase (*Saddle*, *Bulliform Cuneiform* e os *Elongates Echinata* e *Psilate*), já que estes morfotipos são característicos da família Poaceae (COE et al., 2013). Vale ressaltar que o morfotipo *Sadlle* pode ser distintivo em nível de subfamília, sendo característico, sobretudo, de Chloridoideae com sinal C<sub>4</sub> (RASBOLD et al., 2012), mas pode ser avistado em Bambusoideae e Arundinoideae ambas com sinal C<sub>3</sub> (PIPERNO, 2006; COE, 2009). O morfotipo *Bulliform Cuneiform* não identifica subfamília de Poaceae, mas uma situação de estresse hídrico, que provavelmente facilitou a acumulação de sílica nas células buliformes (BREMOND, 2003).

A escassez do morfotipo *Globular echinata* I e II e do morfotipo *Tree* pode estar relacionado à baixa umidade deste período. O morfotipo *Globular Echinata* é registrado para as famílias Arecaceae (PIPERNO, 1988; RASBOLD et al., 2011; PEREIRA et al., 2011; 2013; 2014; BENVENUTO et al., 2014), bem como para Bromeliaceae (PIPERNO et al., 2006; MONTEIRO et al., 2011a; 2013; BENVENUTO et al., 2014 e PEREIRA et al., 2014).

Os morfotipos caracterizados como *Tree* são fitólitos produzidos por árvores, morfologias pouco pesquisadas até o presente momento, nesse sentido, este trabalho abordará todos os fitólitos produzidos por plantas arbóreas pelo termo "*Tree*", sem diferenciação por morfologia. Piperno (2006) aponta as famílias

Annonaceae e Chrysobalanaceae como produtoras do morfotipo *Tree*. Mercader et al. (2009) pesquisou os fitólitos produzidos por plantas arbóreas em Moçambique, apresentando algumas das famílias produtoras de fitólitos: Anacardiaceae, Malvaceae, Clusiaceae e Euphorbiaceae.

Os dados isotópicos aliados à abundância do morfotipo *Bulliform Cuneiform* e a baixa concentração dos morfotipos característicos de plantas arbóreas sugerem predominância de clima mais seco que o atual, provavelmente no início do Holoceno. A seguir são elencados trabalhos regionais que apresentam período mais seco que o atual durante a transição do Pleistoceno tardio para o Holoceno. Sendo que estes estão em consonância com a presente pesquisa.

Pessenda et al. (1996; 2004) constatou o predomínio de plantas  $C_4$ , típicas de campos desde o final do Pleistoceno tardio até o Holoceno na região de Londrina, norte do Paraná (distante 183km da área de estudo).

Kramer e Stevaux (2001); Parolin e Stevaux (2001; 2006) e Stevaux (1994) registraram indícios de clima mais seco que o atual com mobilizações de areia por processos eólicos na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno tardio.

Parolin et al. (2006) analisou pólenes e esporos de plantas terrestres e aquáticas de uma turfa em Taquarussu, região sudeste do Mato Grosso do Sul (distante 358km da área de estudo). Os autores identificaram seis palinozonas, sendo que desde o Holoceno superior (11.570 anos AP) até o Holoceno médio, a região apresentou clima seco tropical. A partir do Holoceno tardio (4.010 anos AP) a umidade começa a aparecer na região gradativamente.

Fernandes (2009) analisou os pólenes de uma lagoa, bem como da vegetação a sua volta, na região de São Tomé (distante 88km da área de estudo) e verificou condições mais secas que a atual no período entre 13.160 a 4.224 anos AP.

Rezende (2010) realizou a reconstituição paleoambiental em duas lagoas, uma na região de São Tomé e a outra em Japurá, ambas no noroeste do Paraná, utilizando espículas de esponjas. A autora verificou um ambiente mais seco que o atual há 13.160 anos AP até o Holoceno médio.

Bertoldo et al. (2011) analisou os pólenes de uma turfeira localizada na Área de Relevante Interesse Ecológico do Buriti (A.R.I.E.), na região de Pato Branco, sudoeste paranaense (distante 351km da área de estudo). Os autores constataram indícios de vegetação aberta no Pleistoceno tardio (12.700 anos AP) indicado pela

presença de ervas terrestres como a *Asteraceae* e *Rubiaceae* e ausência de pólen arbóreo.

Luz (2014) verificou a predominância de plantas  $C_4$  na mesma área de estudo, em um período superior a 5.820 anos AP, através de análise do sinal  $\delta^{13}C$ , sugerindo que a instalação da vegetação de Cerrado é anterior a este período.

### Fase II

Compreende o intervalo entre 190 a 120cm de profundidade. Datada em 5.820 anos cal. AP (130-120cm) e sinal  $\delta^{13}C$  indicando mistura de plantas  $C_3/C_4$ . A mistura de plantas apontada pode estar relacionada ao aumento da concentração dos morfotipos. Vale ressaltar o aumento da concentração do *Globular Echinete* tipo I e II, bem como dos fitólitos caracterizados como *Tree*. Considerando que estes morfotipos são característicos de plantas  $C_3$ . O aumento da concentração do *Globular Echinete* I e II aliado ao leve declínio do *Bulliform Cuneiform* sugere um provável aumento da umidade nesta fase, com relação à fase anterior. A concentração dos morfotipos de fitólitos aumentou ligeiramente, indicando razoável melhora na preservação destes.

### Fase III

Compreende o intervalo entre 120cm de profundidade ao topo da trincheira. O sinal  $\delta^{13}C$  indica provável mistura de plantas de ciclo fotossintético  $C_3/C_4$ , com tendência para plantas  $C_4$ . Vale salientar que o aumento na concentração de fitólitos nesta fase é expressivo, sugerindo melhora nas condições de preservação destes morfotipos.

O aumento significativo do morfotipo *short-cell Bilobate*, bem como a ocorrência dos morfotipos *Cross* e *Cone Shape* (Gráfico 3), sugere um provável aumento na umidade, tendo em vista que estes morfotipos são bem descritos para plantas de clima quente e úmido (COE, 2009; 2013). A presença dos morfotipos *Globular Echinete* I e II e do morfotipo *Tree*, aliados a redução da incidência do morfotipo *Bulliform Cuneiform* indicam o possível aumento de umidade na região.

A baixa umidade e a predominância de gramíneas no período anterior há 5.820 anos AP e o aumento da umidade a partir deste período, coincidem com trabalhos regionais realizados por outros pesquisadores.

Kramer e Stevaux (2001) constataram alterações paleoclimáticas na região de Taquarussu, sudeste do Mato Grosso do Sul (distante 358km da área de estudo), por meio do estudo de susceptibilidade magnética, datação por termoluminescência e de análise micromorfológica e sedimentar dos depósitos. Os autores verificaram um período úmido, correspondente ao ótimo climático no período entre 8.000 a 3.500 anos AP. Entre 3.500 a 2.500 anos AP os autores verificaram a presença de clima mais seco. De 2.500 anos AP até o presente os autores verificaram melhoria climática, sem atingir o nível do ótimo climático.

Santos (2013) na planície do rio Ivaí em Douradina, noroeste do Paraná (164km distante da área de estudo), utilizou assembleias de fitólitos, espículas de esponja, frústulas de diatomáceas e isótopos do carbono para inferir condições paleoambientais. O autor verifica provável clima seco no Pleistoceno tardio (13.250 anos AP), com melhoria climática desde então.

Luz (2014) utilizando análise de assembleia de fitólitos e isótopos do C e N realizou a reconstituição paleoambiental da região de Campo Mourão desde 48.800 anos AP até o presente. O autor verificou que a região apresentou uma sucessão de fases secas intercaladas com fases de pouca umidade. Entre 48.800 anos cal AP. a 41.146 anos cal AP prevaleceu uma fase seca, com provável predominância de vegetação campestre. Há 41.146 anos cal AP. iniciou-se uma fase menos seca que a anterior. Houve a retomada da fase seca na transição Pleistoceno/Holoceno. No Holoceno médio (7.280 anos cal AP) verifica-se maior umidade. Há 3.284 anos cal AP o autor constata uma fase com menor umidade e melhoria climática desde então.

## **7.2 Aspectos do clima e vegetação pretéritos da região de Cianorte (PR)**

A trincheira Cianorte apresenta sinal isotópico empobrecido desde a base (300cm) ao topo (0cm). A predominância dos morfotipos *Globular Echinata* I e II em todo o perfil corroboram o domínio de plantas arbóreas com ciclo fotossintético C<sub>3</sub>, tendo em vista que esses morfotipos são característicos de *Arecaceae* e *Bromeliaceae*.

Conforme se verifica no gráfico 3 os morfotipos *Sadlle*, *Rondel*, *Trapeziform Polylobate*, *Elongate Echinata*, *Elongate Psilate*, *Hair cell*, *Bulliform Cuneiform* e *Bulliform Block* apresentam pouca variação de concentração em todo o perfil, sugerindo que não houve alterações de vegetação no perfil estudado. Contudo, a

partir de 2.546 anos cal AP os morfotipos *Cone shape*, *Bilobate* e *Cross* apresentaram maior concentração, coincidindo com o momento de maior concentração de fitólitos do perfil.

A ocorrência dos morfotipos *Shorts cells* característicos de Poaceae nesta fase sugere a presença de gramíneas de ciclo fotossintético C<sub>3</sub> em meio à vegetação arbórea. Coe (2009) e Luz (2014) apontam o morfotipo *Rondel* como característico de Pooideae (C<sub>3</sub>) e o morfotipo *Bilobate* como característico tanto de Panicoideae (C<sub>4</sub>) quanto de Bambusoideae (C<sub>3</sub>). Enquanto a ocorrência do morfotipo *Cone shape* indica a presença de Cyperaceae (COE, 2009; GOLOVATI et al. 2013). Vale ressaltar que a Cyperaceae ocorre em áreas úmidas como campos de várzeas e banhados (RASBOLD et al., 2010).

Os dados  $\delta^{13}\text{C}$  e a análise das assembleias fitolíticas sugerem que a região de Cianorte apresenta vegetação arbórea desde pelo menos 6.060 anos AP. É provável que esta região se comportasse como refúgio florestal durante o Holoceno.

A teoria dos refúgios florestais é abordada na literatura por diversos autores. Em suma, ela explica a configuração da vegetação na América do Sul durante o último máximo glacial, considerando que o hemisfério sul vivenciou um período mais seco que o atual. De acordo com Ab'Saber, (1992), o avanço do clima semiárido forçou as matas a ficarem em refúgios com maior umidade.

A seguir são listados trabalhos que apresentaram lugares que mantiveram maior umidade durante o Último Máximo Glacial, ou seja, obtiveram resultado similar a esta pesquisa.

Guerreiro et al. (2010) verificaram por meio de dados *proxies* (espiculas de esponja, fitólitos e pólen) que a região de Querência do Norte, noroeste paranaense (distante aproximadamente 231km da área de estudo), apresentou clima úmido sob o domínio de vegetação arbórea desde 7.540 anos AP.

Guerreiro (2011) analisando a planície do Alto Tibagi com base nos dados palinológicos, identificou condições de clima úmido, do tipo pantanoso no Holoceno (3.220 anos AP., 2.770 anos AP. e 1.340 anos AP.) É provável que a atual cobertura arbórea, composta pela Floresta Ombrófila Mista, tenha se estabelecido nos últimos séculos.

Santos (2013) verificou condições mais secas do que as atuais, porém, sob cobertura arbórea no perfil da trincheira reserva, localizada na região de Douradina

(distante aproximadamente 120km da área de estudo) há 10.195 anos AP. Em 5.963 anos AP o autor verificou o aumento de umidade na região.

Silva (2013) analisou uma turfa localizada na escarpa da Esperança na região de Guarapuava (distante aproximadamente 240km da área de estudo) e verificou a presença de vegetação arbórea desde pelo menos 15.648 anos AP, apresentando um provável local de refugio florestal.

Bertoldo et al. (2014) verificaram registros de Floresta Ombrófila Mista no final do Pleistoceno até o Holoceno, na região de Pato Branco, sudoeste paranaense (distante aproximadamente 400km da área de estudo). Os autores avistaram pólenes de *Araucaria angustifolia* desde 13.400 anos AP, com provável desenvolvimento máximo da espécie há 4.210 anos AP.

## 8 CONCLUSÕES

A Trincheira Cerrado, localizada em clima Cfb, apresenta Latossolo Vermelho textura argilosa, enquanto a Trincheira Cianorte, localizada em clima Cfa, apresenta Latossolo vermelho textura arenosa.

Como já salientado, a transição do Pleistoceno/Holoceno foi marcada por um período mais seco que o atual, com aumento de umidade no Holoceno médio. Contudo, as mudanças climáticas não atuam com homogeneidade, nesse sentido, algumas regiões apresentaram períodos secos, enquanto, outras regiões apresentaram maior umidade para o mesmo período.

Apesar da distancia reduzida entre a Trincheira Cerrado e a Trincheira Cianorte as duas áreas se comportaram de maneira diferenciada.

A partir dos resultados apresentados foi possível observar que a Trincheira Cerrado passou por três fases paleoambientais, sendo que a fase I (300-190cm) apresenta características de clima mais seco que o atual, com sinal isotópico de plantas C<sub>4</sub>, e predominância de fitólitos característicos de Poaceae, com destaque para o morfotipo *Bulliform Cuneiform*, indicador de estresse hídrico. A fase II (190-120cm), com idade de 5.820 anos AP em seu topo, apresenta um relativo aumento de umidade, marcado pela mistura de plantas C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> e aumento dos morfotipos *Globulares Echinata* e *Tree*. A fase III (120-0cm) apresenta sinal isotópico característico de mistura de plantas C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> com tendência para plantas C<sub>4</sub>. O aumento da concentração de morfotipos de fitólitos nesta fase é expressivo,

sugerindo melhora na conservação destes morfotipos. A presença dos morfotipos *Globulares Echinata* e do morfotipo *Tree* aliados a redução da incidência do morfotipo *Bulliform Cuneiform* indica o possível aumento de umidade na região. A Trincheira Cianorte não apresentou variações no tipo de vegetação, exibindo sinal isotópico  $\delta^{13}\text{C}$  empobrecido da base ao topo. A predominância dos morfotipos *Globulares Echinata* em todo o perfil corrobora o domínio de plantas com ciclo fotossintético  $\text{C}_3$ , tendo em vista que esses morfotipos são característicos de *Arecaceae* e *Bromeliaceae*. A Trincheira Cianorte apresenta vegetação arbórea há pelo menos 6.060 anos AP.

A partir dos resultados obtidos nessa pesquisa foi possível constatar que a região de Campo Mourão apresenta vegetação de Cerrado desde pelo menos 5.820 anos AP, sugerindo que a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila Mista se instalaram recentemente na região. Este resultado está em concordância com os resultados obtidos por Luz (2014) e Luz e Parolin (2014) para o mesmo município. O cerrado paranaense foi abordado por diversos autores como sendo um resquício de um período mais seco que o atual do Quaternário tardio. Em contrapartida, a região de Cianorte, há apenas 40km de distância da Trincheira Cerrado, apresentou indícios de vegetação arbórea para o mesmo período, apontados pela predominância do sinal  $\text{C}_3$  da base ao topo e predomínio do morfotipo *Globular Echinata*, sugerindo que a Floresta Estacional Semidecidual está presente na região há pelo menos 6.060 anos AP. Este resultado está em concordância com Santos (2013) no baixo curso do rio Ivaí e Silva (2013) em Guarapuava, em que ambos constaram presença de vegetação arbórea para o mesmo período.

## 9 REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER. A. N. Conhecimento sobre as flutuações climáticas do quaternário no Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, nº6, p.39-48, 1957.
- AB'SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos da América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, vol. 3, p. 1–19, 1977.
- AB'SABER. A. N. O xeque da Geografia. **Revista Ciência Hoje**, vol.14, n.º14. p. 46-54.1992.
- ABSY, M. L.; SERVANT, M. A História do Clima e da Vegetação pelo estudo do Pólen. **RevistaCiênciaHoje**, vol.16, n.º93. p. 57-59, 1993.
- BEHLING, H. & LICHTÉ, M., Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil. **Quaternary Research**, vol. 48 (3), p. 348–358, 1997.
- BENVENUTO, M. L.; FERNÁNDEZ-HONAINÉ, M.; OSTERRIETH, M. L.; MOREL, E. Differentiation of globular phytoliths in Arecaceae and other monocotyledons: morphological description for paleobotanical application, **Turkish Journal of Botany**, 2014.
- BERTOLDO, E.; PAISANI, J. C.; DE OLIVEIRA, P. E. Índícios de ausência de cerrado na região sudoeste (SW) nos últimos 13.000 anos AP. In: XIII CONGRESSO DA ABEQUA, 2011, Búzios, **Anais...**, 2011.
- BERTOLDO, E.; PAISANI, J. C.; OLIVEIRA, P. E. Registro de Floresta Ombrófila Mista nas regiões sudoeste e sul do Estado do Paraná, Brasil, durante o Pleistoceno/Holoceno. **Hoehnea** 41(1): p. 1-8, 2014.
- BEZERRA, M. A. O. **O uso de multi-traçadores na reconstrução do Holoceno no Pantanal Mato-Grossense, Corumbá, MS.**1999, 214 f. Tese (Doutorado), Centro de Ciências biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.
- BOYADJIAN, C. H. C. **Microfósseis Contidos no Cálculo Dentário Como Evidencia do Uso de Recursos Vegetais nos Sambaquis de Jaboticabeira II (SC) e Moraes (SP)**, 2007, 147 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. São Paulo, 2007.
- BRANCO, M. M. S. F. R.; JASPER, A.; PESSEDA, L. C. R. Evolução paleoambiental holocênica da Porção nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**. 16(2): p. 297-308, 2013.
- BREMOND, L. **Calibration des fonctions de transfert entre Assemblages phytolithiques, structure des végétations et variables bioclimatiques actuelles,**

**pour l'integration de la dynamique des biomes herbaces dans les modeles de vegetation.** 2003, 199 f. Thésés (Geosciences de l'environnement). Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille. Marseille, 2003.

CALEGARI, M. R. VIDAL TORRADO, P.; MADELLA, M.; PESSEDA, L. C. R.; MARQUES, F. A. A. Análise de Fitólitos Aplicada ao Estudo de Horizonte Superficial Húmico em Latossolos Brunos no Sul do Brasil. In: CONGRESO ARGENTINO DE CUATERNARIO Y GEOMORFOLOGÍA, CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO E II REUNIÃO SOBRE EL CUATERNARIO DE AMÉRICA DEL SUR, 4.,2009, La Plata. **Anais...** La Plata, 2009.

COE, H. H. G. **Fitólitos como indicadores de mudanças na vegetação xeromórfica da região de Búzios/Cabo frio, RJ, durante o quaternário.** 2009. 340 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói – RJ, 2009.

COE, H. H. G.; CHUENG, K. F.; GOMES, J. G. Mudanças possivelmente antropicas na cobertura vegetal na região de Buzios, Rio de Janeiro, identificadas através de análise de fitólitos. **Revista Tamoios.** Ano VII, n.7, 2011.

COE, H. H. G.; CHUENG, K. F.; GOMES, J. G. Reconstituições da vegetação e interferências de paleoclimas através da utilização dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono – exemplos de estudos no Brasil. **Revista Geonorte.** Edição Especial, v.1, n.4, p. 248-261, 2012.

COE, H. H. G.; GOMES, J. G.; CHUENG, K. F. Exemplos de reconstituições da vegetação e inferências de paleoclimas no estado do Rio de Janeiro através da utilização de biomineralizações de sílica (fitólitos) e isótopos de carbono. **Revista Tamoios.** São Gonçalo, Rio de Janeiro, ano 09, n. 1, p. 86-106, 2013.

COUTINHO, L. M. Aspectos Ecologicos do Fogo No Cerrado. As Queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo Subarbustivo. **BOLETIM DE BOTANICA DA UNIVERSIDADE DE SAO PAULO,** v. 05, p. 57-64, 1977.

COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia: uma abordagem ecológica e evolucionária.** Tradução e revisão técnica Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

DESJARDINS, T.; CARNEIRO FILHO, A.; CHAUVEL, A. Flutuações do Limite Floresta-Cerrado Durante o Holoceno em Roraima. In: Barbosa R. I. Ferreira E. J. G. e Castellón E. G. (Orgs.). Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p. 307-324, 1997.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3 ed. Brasília: Embrapa, 353 p. 2013.

FERNANDES, R. S. **Reconstrução paleoambiental da lagoa Fazenda durante o Pleistoceno Tardio e região de Jussara, Estado do Paraná, com ênfase em estudos palinológicos.** 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos-SP, 2009.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. O grupo Caiuá (ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista brasileira de Geociências.** 24 (3), 164-176, 1994.

GARCIA, F. R. J. **Estudo Florístico dos campos alto-montanos e matas nebulares do Parque Estadual da Serra do Mar- Núcleo Curucutu, São Paulo, SP, Brasil.** 2003, 356f. Tese (Doutorado), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP, 2003.

GASPARETTO, N. V. L. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá.** 1999, 181f. Tese (Doutorado), Programa de Pós Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1999.

GASPARETTO, N. V. L.; SOUZA, M. L. Contexto Geológico-Geotécnico da Formação Caiuá no Terceiro Planalto Paranaense – Pr, 2003, Maringá. **Anais... Maringá: UEM, p. 53-65, 2003.**

GOLOVATI, D.; KALINOVSKI, E. C. Z.; GASPARETTO, N. V. L.; PAROLIN, M. Análise do conteúdo fitolítico de um Latossolo em uma reserva florestal de Tuneiras do Oeste – Paraná. In: XV REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA PARANÁ/SANTA CATARINA, 1., 2013, Campo Mourão. **Anais... Campo Mourão: FECILCAM, 2013.**

GOLOVATI, D.; MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M. Assembleia fitolítica presente em solo superficial e serapilheira na Estação Ecológica do Cerrado, Campo Mourão, Paraná. In: I SIMPÓSIO NACIONAL DE MÉTODOS E TÉCNICAS DA GEOGRAFIA E XXII SEMANA DE GEOGRAFIA, 2013, Maringá. **Anais... Maringá: UEM, 2013.**

GOUVEIA, S. E. M. PESSENDA, L. C. R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; ROVERATTI, R.; GOMES, B. M. Dinâmica de vegetações durante o Quaternário recente no sul do Amazonas, indicada pelos isótopos do carbono (C-12, C-13, C-14) do solo. **Geochimica Brasiliensis** (Rio de Janeiro), São Paulo, v. 11, n.3, p. 355-367, 1997.

GOUVEIA, S. E. M. PESSENDA, L. C. R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da taxa de formação de solos do estado de São Paulo. **Anais... Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 71, n.4-II, p. 969-980, 1999a.**

GOUVEIA, S. E. M.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R. Datação da fração humina da matéria orgânica do solo e sua comparação com idades C-14 de carvões fósseis. **Química Nova, São Paulo, v. 22, n.6, p. 810-814, 1999b.**

GOUVEIA, S. E. M. **Isótopos do Carbono na Avaliação do Remonte Biológico de Latossolos e Podzólicos e de Eventos Paleoclimáticos em Distintas Localidades do Brasil**. 2001, 116 f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, 2001.

GUERREIRO, R. L.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L.; STEVAUX, J. C. Dados Proxy Indicam Melhoria Climática Na Região De Querência Do Norte A 7.540 Anos AP. In: II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos e XIX Semana de Geografia. **Anais...** Maringá, 2010.

GUERREIRO, R. L. **Paleoambientes holocênicos da planície do Alto Tibagi, Campos Gerais, sudeste do estado do Paraná**. 2011, 88 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2011.

GUERREIRO, R. L.; PAROLIN, M. Espécies nativas de cerrado na cidade de Campo Mourão: potencial para recuperação? In: I Simpósio de Estudos Urbanos: Desenvolvimento Regional e Dinâmica Ambiental, 2011, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: FECILCAM, 2011.

HAFFER, J.; PRANCE, G. T. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. **Estudos Avançados**, 16 (46), 2002.

HAUCK, P. A. A Teoria dos Refúgios Florestais e sua relação com a extinção da megafauna Pleistocênica: Um estudo de caso. **Estudos Geográficos** (UNESP), v. 5, p. 121-134, 2008.

HAUCK, P. A. **Cerrados, campos e araucárias: a teoria dos refúgios florestais e o significado paleogeográfico da paisagem do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa – Paraná**. 2009, 146 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

HAUCK, P. A.; TRATZ, E. A teoria dos Refúgios Florestais: Distribuição e evolução das paisagens ao fim do Pleistoceno. In: XII EGAL, 2009, Montevideo. **Anais...** XII EGAL. p. 1-10, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Brasil**. Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> acesso jun. de 2014.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: conunestudio de los climas de latierra. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p, 1948.

ITCG, Instituto de Terras Cartografia e Geociências, 2014.

KRAMER, V. M. S.; STEVAUX, J. C. Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno. *Boletim Paranaense de Geociências*, Editora da UFPR, n. 49, p. 79-91, 2001.

LEDRU, M. P.; SALGADO-LABORIAU, M. L.; LORSCHETTER, M. L. Vegetations dynamics in Southern and central Brazil during the last 10,000 yr BP. *Review of Paleobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 99, n. 2, p. 131-142, 1998.

LEPSCH, I. F.; PAULA, M. A. Fitólitos em solos sob cerradões do triângulo mineiro: relações com atributos e sílicio absorvido. *Caminhos de Geografia*. Uberlândia v. 6, n. 19 out/2006 p. 185–190, 2006.

LUZ, L. D. **Aspectos Paleoambientais Do Quaternário Superior na Região De Campo Mourão, Paraná**. 2014, 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

LUZ, L. D.; PAROLIN, M. Caracterização dos Sedimentos Turfosos em Campo Mourão, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.07, n.02, p. 319-326, 2014.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MADELLA, M., ALEXANDRE; A. BALL; T. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, v. 96, n. 2, p. 253-260, 2005.

MARCOTTI, T. C. B. **Paleogeografia do Pleistoceno Tardio e Holoceno na região do baixo curso do rio Ivaí – Icaraíma e Santa Mônica/PR**. 2012, 62 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

MERCADER, J.; BENNETT, T.; ESSELMONT, C.; SIMPSON, S.; WALDE, D. Phytoliths in woody plants from the Miombo woodlands of Mozambique. *Annals of Botany*, p.1-23, 2009.

MINEROPAR, Minérios do Parana S/A. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**. MINEROPAR (Minérios do Paraná), Curitiba, 2006, 63p.

MONTEIRO, M. R.; RASBOLD. G. G.; PAROLIN. M.; CAXAMBÚ, M. G. Avaliação das formas de fitólitos presentes em *Bromelia Balansae Mez* (Bromeliaceae). In: XIII REUNIÃO REGIONAL DE PALEONTOLOGIA DOS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA. 27, 2011, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 21-22, 2011a.

MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M; GUERREIRO. Primeiras considerações paleoambientais com análise de fitólitos em sedimentos turfosos nos Campos Gerais do Estado do Paraná. In: XIII CONGRESSO DA ABEQUA, Búzios, RJ, *Anais...* 2011b.

MONTEIRO, M. R.; PEREIRA, J. S. R.; RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G. Morfologia de fitólitos característicos de duas espécies de Arecaceae do Bioma Mata Atlântica: *Bactrissetosa* Mart. E *Geonomaschottiana* Mart. **Rev. Biol. Neotrop.**, v. 9, n. 1, p. 10-18, 2012.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. Solos Do Terceiro Planalto Do Paraná – Brasil. In: ENGEOPAR - I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 2003, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, p. 66-85, 2003.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J.; PASA, V.; MARINHO, F. R. Características geológicas da formação Serra Geral na área drenada pelo rio Marrecas (sw Paraná): fundamentos para a análise geomorfológica. **Geografia**, v. 17, n. 2, 2008.

PAROLIN, M. & STEVAUX, J.C. Clima Seco e Formação de Dunas Eólicas durante o Holoceno Médio em Taquaruçu, Mato Grosso do Sul. **Pesquisas em Geociências** (UFRGS), Porto Alegre, v. 28, p. 233-243, 2001.

PAROLIN, M.; STEVAUX, J.C. Dry climate and eolian dune formation in the Middle Holocene in Mato Grosso do Sul State, Central West Brazil. **Zeitschrift für Geomorphologie**. Supplementband, v. 145, p. 177-190, 2006.

PAROLIN, M.; MEDEANIC, S.; STEVAUX, J.C. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, n.1, pp. 137-148, 2006.

PAROLIN, M.; DOMICILIANO, R. T.; GUERREIRO, R. L.; CAXAMBÚ, M. G. Primeiras considerações palinológicas e paleoclimáticas do Pleistoceno tardio na região de Campo Mourão, Paraná, Brasil. In: XIII CONGRESSO DA ABEQUA, 2011. **Anais...**Buzios, 2011a.

PAROLIN, M.; RASBOLD, G. G.; PESSENDA L. C. R.; Reconstituição Paleoambiental Utilizando Isótopos Estáveis do C e N e Fitólitos em Turfeira na região de Campo Mourão/Pr Brasil. In: XIII CONGRESSO DA ABEQUA, 2011. **Anais...** Buzios, 2011b.

PEREIRA, J. S. R.; MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G. Primeira determinação da morfologia dos fitólitos de *Geonomaschottiana* (Mart.) Drude (Arecaceae). In: XIII REUNIÃO REGIONAL DE PALEONTOLOGIA DOS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA. 27, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 21, 2011.

PEREIRA, J. S. R.; PAROLIN, M.; MONTEIRO, M. R.; CAXAMBÚ, M. G.; RASBOLD, G. G. Caracterização morfológica dos fitólitos de *Butiamicrospadix* Burret (Arecaceae). **Revista de Ciências Ambientais**.v. 7, n. 1, p. 59-66, 2013.

PEREIRA, J. S. R.; MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G. Characterization of phytoliths in eight species of Arecaceae in the State of Paraná, Brazil. In: COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M. **Synthesis of Some Phytolith Studies**

**in South America (Brazil and Argentina).** 1. New York: Nova Publishers. 3, 49-74.2014.

PESSENDA, L. C. R.; ARAVENA, R.; MELFI, A. J.; TELLES, E. C. C.; BOULET, R.; VALENCIA, E. P. E.; TOMAZELLO, M. The use of carbon isotopes (C-13, C-14) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in central Brazil. **Radiocarbon**, v.38, n.2, p.191-201, 1996.

PESSENDA, L. C. R. Laboratório de C-14. Técnicas e Aplicações Paleoambientais. (Série Didática). 1. ed. Piracicaba: CPG/CENA, v. 2. 57p. 1998.

PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; VALENCIA, E.P.E. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. **Quaternary International**, 114, pp. 35-43, 2004.

PESSENDA, L. C. R.; DE OLIVEIRA, P. E.; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V. B.; FRANCISCHETTI GARCIA, R. J.; ARAVENA, R.; BENDASSOLI, J. A.; ZUNIGA LEITE, A. ; SAAD, A. R.; LINCOLN ETCHEBEHERE, M. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 14C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research** (Print), v. 71, p. 437-452, 2009.

PESSENDA, L. C. R. Os isótopos estáveis do Carbono e os distintos tipos de vegetação. In: Síntese do período Quaternário do estado do Paraná. In: **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Mauro Parolin, Cecilia Volkmer-Ribeiro, Josimeire Aparecida Leandrini (Org.). Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 158, 2010.

PINESE, J. P. P.; NARDY, A. J. R. Contexto Geológico Da Formação Serra Geral No Terceiro Planalto Paranaense, 2003. In: ENGEOPAR - I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 2003, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2003, p. 38-52.

PIPERNO. D. R. A Comparison and Differentiation of Phytoliths from Maize and Wild Grasses: Use of Morphological Criteria. **American Antiquity**, Vol. 49, No. 2, pp. 361-383, 1984.

PIPERNO, D. R. A phytolith analysis: an archaeological and geological perspective. **Academic Press**, London, p. 280, 1988.

PIPERNO, D. R. Aboriginal Agriculture and Land Usage in the Amazon Basin, Ecuador. **Journal of Archaeological Science**, v. 17,665-677, 1990.

PIPERNO, D. R. Quaternary environmental history and agricultural impact on vegetation in Central America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 93, n. 2, p. 274-296, 2006.

PIPERNO, D. R.; SUES, H.D. Dinosaurs Dined on Grass. **Science**, vol. 310, pp. 1126-1128, 2008.

RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G. Avaliação das formas de fitólitos presentes em *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae). In V EPCT – Encontro de Produção Científica e Tecnológica. **Anais...** Campo Mourão, 2010.

RASBOLD, G. G.; MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G.; PESSENDA, L. C. R. Caracterização dos tipos morfológicos de fitólitos presentes em *Butiaparaguayensis* (Barb. Rodr.) L. H. Bailey (Arecaceae). **Iheringia. Série Botânica**, v. 66, p. 265-270, 2011.

RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G.; PESSENDA, L. C. R. Avaliação e quantificação dos fitólitos presentes em *Chloriselata* Desv., *Chlorisgayana* Kunth e *Tripogonspicatus* (Ness) Ekman (Chloridoideae). **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, 67 (2), p. 137-148, 2012.

RASBOLD, G. G. MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G. Caracterização de Fitólitos: *Calathea aemula* Körn e *Saranthe composita* (Link) K. Schum (MARANTACEAE). In: XV REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA PARANÁ/SANTA CATARINA, 1., 2013, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: FECILCAM, p. 18-23, 2013.

REIS, G. S.; MIZUSAKI, A. M.; ROISENBERG, A.; RUBERT, R. R. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. **Pesquisas em Geociências**, 41 (2): 155-168, 2014.

REZENDE, A. B. **Espículas de esponjas em sedimentos de lagoa como indicador paleoambiental no NW do Estado do Paraná**. 2010, 65 f. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos-SP, 2010.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HASTSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Acta For. Bras**, Curitiba, n. 1, p. 1-6, 1993.

SAIA, S. E. M. G. **Reconstrução Paleoambiental (vegetação e Clima) no Quaternário Tardio com Bases em Estudos Multi/Interdisciplinar no Vale do Ribeira (Sul do Estado de São Paulo)**. 2006, 119 f. Tese (Doutorado em Ciências), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade Estadual de São Paulo – USP, Piracicaba, 2006.

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

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História Ecológica da Terra**. São Paulo, Editora Edgard BlücherLtda, 1996.

SANTOS, M. L. Respostas geomórficas dos depósitos sedimentares do rio Paraná frente as mudanças climáticas do Holoceno Superior. In: Oitavo Encuentro de Geógrafos da América Latina, 2001, Santiago. 8vo. Encuentro de Geógrafos da Am. Latina (CDROM), v. cdrom. p. 122-128, 2001.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, nº 2, p. 03-12, 2006.

SANTOS, J. C. A.; PAROLIN, M.; GASPARETTO, N.V.L. Método para aumentar a recuperação de fitólitos em solo. In: XIII Reunião Regional De Paleontologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. 27, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 11-11, 2011.

SANTOS, J. C. A. **Paleogeografia e paleoambientes do Baixo Curso do rio Ivaí – Pr.** 2013, 83 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

SILVA, S. T.; LABORIAU, L. V. Corpos silicosos de gramíneas dos Cerrados. **Pesquisa agropecuária brasileira**. 5:137-182. 1970.

SILVA, M. L. A Dinâmica de Expansão e Retração de Cerrados e Caatingas no Período Quaternário: Uma Análise Segundo a Perspectiva da Teoria dos Refúgios e Redutos Florestais. **Revista Brasileira de Geografia Física** 01, p. 57-73, 2011.

SILVA, D. W. **Caracterização paleoambiental da região de Guarapuava-PR, a partir de sedimento de turfa: um estudo de caso.** 2013, 96f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2013.

SOARES, P. C. LANDIN, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 10, n. 3, 1980.

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K. (Ed.). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: **Holos**, 378p. 2005.

SOUZA, M. L. Caracterização geotécnica básica dos materiais inconsolidados do município de Campo Mourão (PR), 2003. In: ENGEOPAR - I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 2003, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, p. 86-100, 2003.

STEVAUX, J.C. Geomorfologia, Sedimentologia e Paleoclimatologia do Alto Curso do Rio Paraná (Porto Rico-PR). Boletim Paranaense de Geociências. Curitiba: **Editora da UFPR**, nº42, p.97-112, 1994.

STEVAUX, J.C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. **Quaternary International**, nº72, pp.73-85, 2000.

STEVAUX, J. C. Síntese do período Quaternário do estado do Paraná. In: **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná.** Mauro Parolin, Cecília Volkmer-Ribeiro, Josimeire Aparecida Leandrini (Org.). Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 158, 2010.

SUGUIO, K; ABSY, M. L.; FLEXOR, J. M.; LEDRU, M. P.; MARTIN, L.; SIFFEDINE, A.; SOUBIÈS, F.; TURCQ, B.; YBERT, J. P. The evolution of the continental and coastal environments during the last climatic cycle in Brazil (120 ky.B.P. to Present). **Boletim UG-USP. Série Científica**, São Paulo, v. 24, p. 27-41, 1993.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?** São Paulo: Paulo's Editora, 1999.