Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Recuperação de palinomorfos e dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) em sedimentos turfosos e seu significado paleoambiental para a região de Campo Mourão-PR

Daianne Patrícia Pulcinelli Tavares Ladchuk¹, Mauro Parolin², Soraia Girardi Bauermann³

¹ Mestre em Geografia, Universidade Estadual de Maringá (UEM). Av. Colombo, 5790, Jardim Universitário, CEP: 87020-900 – Maringá – PR, Brasil, (autor correspondente); email: daya_patricia@hotmail.com

² Professor Associado da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR – Campo Mourão), coordenador do Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam. Av. Comendador Norberto Marcondes, 733, Centro, CEP: 87302-060 – Campo Mourão – PR, Brasil, email: mauroparolin@gmail.com

³ Professora Titular da Universidade Luterana do Brasil. Av. Farroupilha, 8.0001, São José, CEP 92420-280 – Canoas/RS – Brasil, soraia.bauermann@ulbra.br

Artigo recebido em 17/07/2016 e aceito em 02/08/2016

RESUMO

O município de Campo Mourão está situado em zona de transição entre a Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual com enclaves de Cerrado. O professor Reinhard Maack (1892-1969) foi o primeiro a admitir a hipótese de que o Cerrado seria um relict de climas mais secos no Quaternário. Visando entender a origem dessa vegetação na região, estudou-se os palinomorfos presentes em um testemunho sedimentar (110cm) obtido na planície aluvial do rio Água dos Papagaios. Associou-se à quantificação dos palinomorfos dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), além de datações (^{14}C) nas profundidades de 75 cm (7.280 anos cal. A.P.) e 45 cm (3.248 anos cal. A.P.). O sedimento não apresentou boa preservação polínica (menos de 400 grãos na maioria dos intervalos avaliados), entretanto a ocorrência de esporos de pteridófitas, briófitas e algas alcançaram valores superiores a 50% dos palinomorfos ao longo do testemunho. Foram observados grãos de pólen de Caryocariaceae e Araucariaceae na porção basal (75-110cm), nestes intervalos os valores de $\delta^{13}\text{C}$ evidenciam a predominância de plantas C_4 (campo), tal situação sugere a existência de Cerrado na região desde o Holoceno Médio. Nos intervalos superficiais tem-se o empobrecimento isotópico, aumento de plantas C_3 em relação a plantas C_4 . Os dados de $\delta^{15}\text{N}$ sugerem que a planície sempre possuiu alguma umidade, fato reforçado pela presença constante de *Pseudoschizaea* ao longo do perfil. As interpretações estabelecidas nesta pesquisa corroboram os dados paleoambientais estabelecidos pela recuperação e quantificação de fitólitos com o mesmo testemunho, mostrando fases mais secas que a atual durante o Holoceno.

Palavras-Chave: Palinologia; Quaternário; Holoceno; Cerrado.

Palynomorphs and Isotopic Data ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) recovery from peaty sediment and its paleoenvironmental significance in the Campo Mourão region

ABSTRACT

The municipality of Campo Mourao is located in the transition zone between the Araucaria Forest and Forest Semideciduous with Cerrado enclaves. The professor Reinhard Maack (1892-1969) was the first to hypothesize that the Cerrado would be a relict of the driest climates in the Quaternary. With the objective to understand the origin of this vegetation in the region, we have studied the palynomorphs present in a sedimentary record (110cm) obtained in the floodplain of the Água dos Papagaios river. Associated to the quantification of palynomorphs isotopic ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$), and datings (^{14}C) in the depths of 75cm (7,280 years cal. BP.) and 45 cm (3,248 years cal. BP.). The sediment did not show good preservation pollen (less than 400 grains in most intervals evaluated), however, the occurrence of spores of pteridophyte, bryophytes and algae reached values higher than 50% of palynomorphs along the testimony. Caryocariaceae and Araucariaceae pollen grains were observed in the basal portion (75-110cm), these intervals $\delta^{13}\text{C}$ values show the predominance of C_4 plants (field), this situation suggests the existence of Cerrado in the region since the Middle Holocene. In intervals surface has isotope impoverishment, increased C_3 plants in relation to C_4 plants. The $\delta^{15}\text{N}$ data suggest that the plain has always some moisture, actually enhanced by the constant presence of *Pseudoschizaea* water along the profile. Interpretations established in this study corroborate the paleoenvironmental data set for recovery and quantification fitolítica with the same testimony, showing drier stages that the current during the Holocene.

Keywords: Palynology; Quaternary; Holocene; Cerrado

Introdução

A paisagem paranaense apresenta uma vegetação peculiar, com enclaves de Cerrado em diversos municípios, dentre eles Campo Mourão. Segundo o pesquisador alemão radicado no estado do Paraná Reinhard Maack (1892-1969) que visitou a região na década de 1940, o enclave em Campo Mourão apresentava uma área de 102km². Este mesmo pesquisador já alertava para o fato de que essa vegetação seria um relictos pleistocênico, formada sob a ação de clima mais seco que o atual.

No caso de Campo Mourão, o Cerrado está em área ecotonal em meio à Floresta Ombrófila Mista e à Floresta Estacional Semidecidual. Diante da condição do Cerrado como vegetação relictual, bem como da degradação sofrida pela mesma, principalmente com o aumento da urbanização e da expansão agropecuária na região, pouco restou da área informada por Maack.

A vegetação de Cerrado hoje (2015) está restrita a duas áreas preservadas, sendo Estação Ecológica do Cerrado (13.300m²) e o Lote 7H (~30.000m² – ainda em processo de desapropriação). Entretanto, ainda é possível encontrar elementos dessa vegetação em outros terrenos da cidade. A Estação do Cerrado foi criada a partir de uma série de esforços empreendidos pelos professores do curso de Geografia da Faculdade de Ciências e Letras de Campo Mourão, hoje Universidade Estadual do Paraná/Campus de Campo Mourão e o Poder Público local ainda em 1987.

Embora haja manchas de vegetação de Cerrado em Campo Mourão e a preocupação com sua preservação tenha registro desde a década de 1970 (Parolin et. al, 2015), pouco se sabe sobre a origem da mesma. Os primeiros ensaios sobre paleovegetação datam dos últimos anos (Luz, 2014; Golovati, 2015).

Diante do exposto, e sabendo da existência de ambientes propícios à preservação de palinomorfos (e.g. planícies aluviais com depósitos turfosos), bem como tendo em vista trabalhos de sondagens realizados nos anos 2010 e 2012 (com datação ¹⁴C e dados isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) nas planícies aluviais dos rios Água dos Papagaios e Ranchinho (município de Campo Mourão), resolveu-se estudar a palinologia de um desses testemunhos (rio Água dos Papagaios).

Nesse sentido, o presente estudo é o primeiro a detalhar a composição da vegetação por meio da palinologia durante o Holoceno Médio na região de Campo Mourão. Vale ressaltar que o trabalho, por usar um testemunho no qual os fitólitos foram recuperados, identificados e qualificados por Luz (2014) é o primeiro a realizar uma correlação entre dados paleoambientais

obtidos por meio dos fitólitos e dados palinológicos.

Material e métodos

O município de Campo Mourão, localiza-se na região Centro Ocidental do Estado do Paraná (Figura 1 e 2). A maior parte do município está localizada sobre a Formação Serra Geral, sendo que na porção noroeste há a presença de rochas areníticas da Formação Caiuá/Grupo Bauru (Mineropar, 2006).

Sobre as rochas basálticas formaram-se solos bem desenvolvidos com grande potencialidade agrícola, sendo: LATOSSOLOS (solos profundos, bastante intemperizados, porosos, permeáveis e com boa drenagem) e NITOSSOLOS (caracterizados pela presença de um horizonte B cujos agregados apresentam em sua superfície brilho característico) (Embrapa e Emater, 1999; Lima, et al., 2012). No Arenito Caiuá ocorrem: CAMBISSOLOS (solos geralmente pouco espessos, horizonte B em estágio inicial de formação) e NEOSSOLOS (solos rasos em estágio inicial de evolução, apresentando horizonte A sobre o horizonte C ou sobre a rocha de origem) (Embrapa e Emater, 1999; Lima, et al., 2012). Embora em menor quantidade, faz-se importante o relato da ocorrência de ORGANOSSOLOS solos com elevados conteúdos de material orgânico e cor muito escura no horizonte “0”, localizados principalmente nos fundos de vale e.g. rio Água dos Papagaios.

Na planície aluvial do rio Água dos Papagaios área alvo do estudo é notória a ocorrência de material turfoso, cuja caracterização e descrição foram operadas por Luz e Parolin (2014). Sabe-se que este tipo de material é de natureza orgânica, originado a partir da decomposição incompleta de restos vegetais em ambiente saturado de água sazonalmente, capaz de criar condições anaeróbicas de desenvolvimento (Silva, 1995; Horák, 2009). Segundo Suguio (1999) esses ambientes são ideais para a preservação de palinomorfos, principalmente pela sua condição anóxica.

Figura 1. Localização da área de estudo. Modificado de Luz (2014).

Figura 2. Vista parcial da planície aluvial do rio Água dos Papagaios, destaque para o local amostrado.

O relevo da região é suave ondulado, com baixa dissecação do terreno, topos aplainados, com vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha, com altitude em torno de 620m acima do nível médio do mar (Mineropar, 2006). A bacia hidrográfica Água dos Papagaios apresenta baixa declividade, mais de 50% da área entre 0 a 12% e com altitude média de 600m. Configuração que favorece a prática agrícola (Figura 3).

Com base na observação de imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth®, bem como a carta topográfica de Campo Mourão (SG.22-V-B-I-1, MI-2803/1), determinou-se a área da bacia hidrográfica Água dos Papagaios em 30,44 km² e perímetro de 24,09 km.

O rio Água dos Papagaios nasce a 659m de altitude (24°07'44"S - 52°25'52"W). Trata-se de um rio de terceira ordem (Figura 3) com aproximadamente 11 km de extensão até a sua foz no Rio do Campo (553 m). O gradiente de declive é de 106 metros com média de 9,4m/km (LUZ, 2014), no entanto, nas planícies aluviais formadas por este rio o gradiente é de 1m/km. A planície aluvial estudada possui área aproximada de 120 ha (medição poligonal Google Earth Pro®).

Segundo dados do Instituto Agrônomo Paranaense (Iapar, 2015), a região de Campo Mourão é caracterizada pelo clima subtropical Cfa (classificação de Köppen), verões quentes com tendência de concentração das chuvas e sem estação seca definida. A temperatura média no verão é superior a 22°C e inferior a 18°C no inverno, com geadas pouco frequentes. (IAPAR, 2015).

As massas de ar atuantes na região são a Massa Tropical Atlântica (mTa) que ao trazer umidade para o interior do continente provoca chuvas fortes e no inverno a frente polar (mPa) ocasiona chuvas frontais, pelo encontro da massa de ar frio com a de ar quente (Borsato e Parolin, 2010).

No que se refere às formações vegetais originais, no município de Campo Mourão destaca-se a Floresta Ombrófila Mista Montana com Araucárias ao Sul, a Floresta Estacional Semidecidual a Norte e resquícios de Cerrado na área urbana, que no passado representava cerca de 102km² (Maack, 1948). Ao se observar fotos da expedição de 1948 do professor Reinhard Maack (Figura 4), bem como comparando as fotos aéreas de 1953, 1963 e 1980, aliadas às imagens de satélite atuais, percebe-se que a cidade se desenvolveu sobre a vegetação de Cerrado (Figura 5). Atualmente os remanescentes de Cerrado ainda podem ser encontrados na Estação Ecológica do Cerrado (13.200 m²) e lote 7H (~30.000m²) (Mizote, 2005; Parolin et al. 2015), também é

possível observar a presença de espécimes do cerrado na área urbana (terreno baldios, quintais e logradouros públicos).

Coleta, datações e determinação de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$

O testemunho estudado foi obtido em 2010 pela equipe do Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (Lepafe) via sondagem vibratória (vibro-core – com tubo de alumínio/10cm de diâmetro) na planície aluvial do rio Água dos Papagaios (24°05'52"S/ 52°23'44"W).

As datações de ^{14}C e análise de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das amostras foram executadas pelo Laboratório ^{14}C do CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Esalq/USP) e pelo CAIS (Center for Applied Isotope Studies) da Universidade da Geórgia – Estados Unidos da América (Luz, 2014).

Protocolos laboratoriais

Em laboratório, as amostras foram separadas (5cm³) em intervalos de 4cm. A extração compreendeu a técnica de recuperação polínica indicada por Faegri e Iversen (1975). Nessa técnica as amostras são tratadas com ácido clorídrico (10%) e posteriormente são aquecidas em solução de hidróxido de potássio (10%), após o material é lavado manualmente diversas vezes até a neutralização do pH. A separação entre as substâncias inorgânicas e orgânicas se deu por líquido denso (solução aquosa de cloreto de zinco de densidade 2,3g/cm³). Após a separação e lavagem do material para retirada do cloreto de zinco, o material resultante foi pingado (50µm) sobre lâminas que após secas são cobertas com Entellan® e lamínula.

A identificação taxonômica dos grãos de pólen, foi realizada com base nos trabalhos de Barth et al. (1976), Neves e Lorscheitter (1992; 1995), Garcia (1997; 1998), Lorscheitter et al. (1998; 1999), Coelho e Barth (2000), Bauermann (2005) Bauermann et al. (2013), Salgado-Laboriau (1994) e Silva et al. (2014), bem como pela comparação de material via palinoteca do Lepafe.

A contagem dos grãos de pólen foi realizada a partir da observação em microscópio óptico (640x) de 3 lâminas para cada intervalo. Para a representação e cálculo do grau de similaridade (1,3) foi usado o software Tilia®.

As lâminas foram catalogadas e armazenadas no Lepafe sob os códigos: L163.C16; L164.C16 e L165.C16.

Figura 3. Mapas de Hipsometria, Declividade da Bacia Hidrográfica Água dos Papagaios em Campo Mourão, Paraná.
Fonte: Carta Topográfica SG.22-V-B-I-1, MI-2803/1.

Figura 4. Fotos de Campo Mourão durante a expedição de 1948 realizada pelo Prof. Reinhard Maack e João José Bigarella. Importante destacar na primeira foto a presença da Biogeógrafa Dr^a. Dora de Amarante Romariz, integrante da expedição ao lado de uma Arecaceae, *Butia paraguayensi* (Barb. Rodr.) C.H.Bailey e ao fundo a presença de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze. Fonte: Acervo de João José Bigarella.

Figura 5. Fotos aéreas de 1953, 1963 e 1980 e imagem de satélite de 2015, demonstrando as alterações da área de Cerrado na cidade de Campo Mourão e próximo à bacia hidrográfica Água dos Papagaios. Fonte: Acervo da Prefeitura Municipal de Campo Mourão (Fotos) e Google Earth® (imagem de satélite).

Resultados e discussão

O testemunho coletado alcançou profundidade de 260 cm, destes 110cm corresponderam à material turfoso.

A preservação de grãos de pólen (Angiospermas e Gimnospermas) não foi representativa (>400 grãos) ao longo de quase todo o testemunho (Figura 6). Foram identificados grãos de pólen arbóreos/arbustivos (20 famílias botânicas) e herbáceos (15 famílias) e quantidade significativa de esporos de pteridófitas, briófitas e algas (>50%) (Figura 6 e 7).

A baixa preservação polínica pode ser explicada em parte pela caracterização granulométrica do sedimento turfoso da planície, pois os maiores percentuais de fração argilosa estão localizados na base, chegando a atingir valores de 67% (110 – 100cm). As frações de areia alcançaram maiores porcentagens do meio ao topo do perfil, 63% (50 – 40 cm) e 75% (22 – 10 cm) (Luz e Parolin, 2014).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ indicaram a predominância de plantas com ciclo fotossintético C_4 (campo) na base do testemunho passando gradativamente para mistura entre plantas C_4 e C_3 , mas ainda com predominância da primeira (Figura 5).

Figura 6. Datação por ^{14}C , e resultado da contagem dos grãos de pólen Arbóreo/Arbustivos, Herbáceos, Esporos de Pteridófitas e Briófitas e Algas; sinais isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da Planície aluvial do rio Água dos Papagaios em Campo Mourão, Paraná.

Figura 7. Grãos de Polen e Esporos: 1) Acanthaceae; 2) Pseudoschizaeae; 3) Alismataceae; 4) Gleicheniaceae; 5) Asteraceae; 6) Sapindaceae; 7) Polygonaceae; 8) Vochysiaceae; 9) Sapindaceae -Magonia; 10) Araucariaceae; 11) Polypodiaceae; 12) Arecaceae; 13) Pteridófito Monolete; 14) Fabaceae Mimosoidea; 15) Pteridófito Trilete; 16) Araceae; 17) Poaceae; 18) Euphorbiaceae; 19) Proteaceae; 20) Urticaceae; 21) Briófito; 22) Bignoniaceae; 23) Rubiaceae; 24) Marantaceae; 25) Commeliaceae; 26) Malvaceae; 27) Bromeliaceae; 28) Apiaceae; 29) Cucurbitaceae; 30) Ericaceae; 31) Caryocariaceae.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ sugerem que a origem da matéria orgânica basicamente deu-se por algas e fitoplankton, ou seja, a área provavelmente sempre esteve com alguma umidade. A ocorrência de *Pseudoschizaea* (Algae) ao longo do perfil (Figura 6), corrobora essa interpretação, pois esse gênero tem sido relatado em sedimentos de áreas pantanosas ou sujeitas a inundações periódicas (Parolin et al., 2006, Milanesi et al., 2006).

Foram estabelecidas três fases paleoambientais (Figura 6) tendo por base a concentração de grãos de pólen, esporos, dados de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 6).

Fase I

De 110 a 75cm de profundidade, datada no topo em 7.280 anos cal. A.P. É caracterizada pela maior preservação de palinórfos (218 a 1.098 grãos) indicando ambiente favorável à preservação sendo: a) 6% de grãos de pólen arbóreo/arbustivo; b) 42% de grãos de pólen herbáceo; c) 36% de esporos (Briófitas e Pteridófitas) e d) 16% de esporos de algas.

Dentre os elementos de pólen arbustivo, merece menção a ocorrência de Caryocaraceae, Araucariaceae, Arecaceae e Volchysaceae (Figura 5 e 6). Em relação à família Caryocaraceae, deve ser ressaltado a presença nos remanescentes de cerrado de Campo Mourão de *Caryocar brasiliensis* Camb. (Figura 8). Hatschbach et al. (2005) relatam a ocorrência dessa espécie em Arapotí, Campo Mourão, Jaguariaíva e Tibagi, destacando-a como típica do Cerrado paranaense. Vale ressaltar que a ocorrência dessa família tem como limite meridional o estado do Paraná (Flora Brasil, 2015). Diante da ocorrência da mesma na porção basal do testemunho, é provável que a mesma esteja presente desde o Pleistoceno Tardio e certamente desde o Holoceno Médio.

A ocorrência de Araucariaceae, mesmo em condições secas pode estar associada a umidade restrita aos fundos de vales, conforme apresentado por Behling (1997; 2004). Behling (1997) em seu trabalho nos Campos Gerais, indica que de 9.660 a 2.850 anos, tem-se a predominância de Campos, com incidência de Araucária em fundo de Vale.

Luz (2014) apontou a presença de Arecaceae neste intervalo pela ocorrência de fitólitos do tipo “Globular echinate”. Tal condição pode indicar a presença de campo com exemplares do gênero *Butia* sp. ou Floresta com Araucária, quando da espécie *Trithrinax brasiliensis* (Bauermann et al. 2010). No entanto, levando-se em consideração os dados de $\delta^{13}\text{C}$ entre -14,24 e 14,85 ‰ indicando plantas C_4 , é mais provável que na área a ocorrência de *Butia* sp. fosse a predominante.

Os elementos herbáceos são os mais representativos nesta fase, merece menção a maior ocorrência de Cyperaceae (~100 grãos por intervalo), seguido de Poaceae (~80 grãos por intervalo) e Araceae (porção basal do testemunho ~100 grãos). A família Cyperaceae pode ser associada à presença de áreas abertas e alagáveis, corroborando de certa forma os dados de $\delta^{15}\text{N}$.

Rubiaceae, Asteraceae, Polygonaceae, Cyperaceae e Amaranthaceae, são famílias frequentes em áreas abertas, reforçando a ideia de vegetação de campo (Luz et al., 2006).

Luz (2014), com base na quantificação e identificação de fitólitos preservados na porção basal deste testemunho indica uma fase eminentemente mais seca que a atual, na qual predominaram os processos de deposição.

Ressalte-se que a presença de um clima mais seco no Estado do Paraná durante a transição Pleistoceno/Holoceno é atestada em diversas regiões: a) no Alto Rio Paraná (Stevaux, 1993, 1994, 2000); b) nas lagoas próximas ao médio curso do rio Ivaí (Fernandes, 2008; Rezende, 2010); c) baixo curso do rio Ivaí (Alcantara-Santos, 2013; Guerreiro et al. 2013).

Fase II

De 75 a 45cm de profundidade, com datação correspondente a 3.248 anos cal. A.P. (45cm). A preservação de palinórfos foi menor do que a fase anterior (entre 196 a 442 grãos). Os grãos de pólen arbustivo/arbóreo somaram 3% das ocorrências, enquanto que os herbáceos chegaram a 33%. Foram identificados 49% de esporos (Briófitas e Pteridófitas) e 14% de esporos de algas (*Pseudoschizaea*). Não foram detectados grãos de pólen de Caryocaraceae, bem como tem-se a redução da ocorrência de pólen de Araucariaceae, restrita à base e à porção superior da mesma.

Nessa fase percebe-se o empobrecimento isotópico em relação à fase anterior, $\delta^{13}\text{C}$ entre -16,23 a -17,93 ‰, mistura entre plantas C_3 e C_4 (tendência pró C_4). Luz (2014) pontua que neste intervalo os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e C/N diminuem para ~3 e ~20 respectivamente, indicativo de mistura de matéria orgânica de origem terrestre com menor influência aquática. O autor relata que o índice de estresse hídrico demonstrado pelos fitólitos variou muito, no entanto o mesmo aponta para uma condição relativa de maior umidade em relação à fase anterior somente a partir dos 45 cm de profundidade.

Figura 8. *Caryocar brasiliensis* Camb. Hábito. Fotografado no Lote 7H em Campo Mourão, área declarada de utilidade pública.

Levantamento fitolítico realizado em uma trincheira localizada na Estação Ecológica do Cerrado de Campo Mourão por Golovati (2015), indicou 3 fases paleoambientais distintas para a área de cerrado, sendo: i) compreendida entre 300 a 190cm de profundidade, características de clima seco, predominância de plantas C4, associado a fitólitos característicos de Poaceae; ii) entre 190 a 120cm, idade de 5.820 anos A.P, evidência de mistura de plantas C3/C4, presença de fitólitos do tipo “Globular Echinata e Tree”; iii) entre 120 a 0 cm, exibe mistura de plantas C3/C4 e redução dos morfotipos “Bulliform Cuneiform”. A presença dos morfotipos Globular Echinata e Tree aliada à redução da presença do morfotipo Bulliform

Cuneiform é indicativa do aumento de umidade da base para o topo do perfil.

Esta fase pode ser interpretada como mais seca que a atual, pelo empobrecimento da concentração de grão de pólen e palinomorfos. Parolin e Stevaux (2001), Parolin (2006) e Parolin e Stevaux (2006), apontam um clima mais seco, durante o Holoceno Médio (entre 3.300 e 3.700 anos) para a região de Taquarussu/MS. Guerreiro (2011) ao estudar o mesmo material, porém, com o uso da palinologia, evidencia a presença de um ambiente pantanoso com mata de galeria na planície do rio Tibagi, no entanto, com campo nas áreas mais altas e que a Floresta Ombrófila Mista

(adaptada a condições mais úmidas e frias) tenha se instalado nos últimos séculos.

É provável que o aumento da fração arenosa neste intervalo (Luz e Parolin, 2014), tenha reduzido a capacidade de preservação polínica.

Fase III

De 45 a 0 cm de profundidade, nela teve a menor concentração de palinóforos (13 a 547 grãos). Assim como na fase anterior a ocorrência de pólen arbóreo/arbustivo permaneceu em 3%, o pólen herbáceo representou 43%, esporos de Briófitas e Pteridófitas chegaram a 45% enquanto que os esporos de alga 9% de esporos de algas (*Pseudoschizaea*).

Os dados de $\delta^{13}\text{C}$ mostraram maior empobrecimento isotópico nessa fase, com valores entre -17,9‰ a -19,04 ‰, tal situação sugere mistura de plantas C_3 e C_4 tendência C_4 . O aumento de plantas C_3 em relação a plantas C_4 , em relação à fase anterior pode ser interpretado como possível melhora climática, como já demonstrado por Golovati (2015), no entanto considerando a atividade antrópica no entorno da área representada principalmente pela atividade agrícola execução de valas para a drenagem da área.

Conclusões

A ocorrência de grãos de pólen de Caryocariaceae aliado a dados de $\delta^{13}\text{C}$ relativo a plantas C_4 evidencia a existência de Cerrado na região de Campo Mourão desde o Holoceno Médio. Considerando que sua presença é detectada desde a base do perfil sedimentar, é provável que tal ocorrência se estenda até o Pleistoceno Tardio.

A ocorrência de grãos de pólen de Araucariaceae demonstram que a vegetação de Cerrado na região poderia estar condicionada à “manchas” circundadas por Floresta Ombrófila Mista desde Holoceno Médio.

Embora tenha-se o registro de fases mais secas que a atual, os valores de $\delta^{15}\text{N}$, aliados à ocorrência de *Pseudoschizaea* sugerem que a planície sempre possuiu alguma umidade.

As interpretações estabelecidas nesta pesquisa corroboram os dados paleoambientais estabelecidos pela recuperação e quantificação fitolítica realizadas por Luz (2014). Neste trabalho o autor indicou fases mais secas que a atual durante o Holoceno. Tal junção de dados proxy abrem novas perspectivas para futuros trabalhos de interpretação paleoambiental nos quais a preservação polínica ou fitolítica não se faça de maneira satisfatória.

É provável que a vegetação tenha se adensado desde o Holoceno Médio até o presente,

fato demonstrado principalmente pelo empobrecimento dos dados de $\delta^{13}\text{C}$. No entanto, tal situação não foi confirmada pela palinologia em virtude da baixa preservação polínica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento da pesquisa (Processo 471.385/2012-3) e a CAPES pela bolsa de mestrado no período de mai./2014 a abr./2016.

Referências

- Alcantara-Santos, J.C. 2013. Paleogeografia e Paleoaambientes do Baixo Curso do Rio Ivaí – Pr. 2013, 83 f. dissertação (mestrado em geografia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Barth, O. M.; Barbosa, H. S. Macieira, E.G. 1976. Morfologia de pólen anemófilo e alergizante no Brasil VI – Graminae, Palmae, Typhaceae, Cupressaceae e Combretaceae. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz n.74(3/4), 347-359.
- Bauermann, S. G.; Neves, P. C. P. 2005. Métodos de estudos em Palinologia do Quaternário e de Plantas Atuais. Cadernos La Salle, Canoas 2, 99-107.
- Bauermann, S. G.; Evaldt, A. C. P.; Zanchin, J. R.; 2010. Bordignon, S. A. de. Diferenciação polínica de Butia, Euterpe, Geonoma, Syagrus e Thrinax e implicações paleoecológicas de Arecaceae para o Rio Grande do Sul. Iheringia, Série Botânica, Porto Alegre 65, 35-46.
- Bauermann, S. G. Radaeski, J. N. Evaldt, A. C. P. Queiroz, E. P. Mourelle, D. Prieto, A. R. SILVA, 2013. C. I. da. Pólen nas angiospermas diversidade e evolução. Canoas: Ed. ULBRA
- Behling, H. 1997. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). Review of Palaeobotany and Palynology 97, 109-121.
- Behling, H.; Pillar, V. D.; Orlóci, L.; Bauermann, S. G. 2004. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 203, 277-297.
- Borsato, V. A. Parolin, M. 2010. Definições de Tempo e de Clima. Box 3.4. in: Parolin, M. Volkmer-Ribeiro, Leandrini, J. A. org. Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas do Estado do Paraná. Campo Mourão: Editora da Fecilcam

- Coelho, L. G. Barth, O. M. 2000. Morfologia polínica e habitat das espécies do gênero *Alchornea* (Euphorbiaceae) presentes nas matas de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Revista Universidade de Guarulhos, Geociências*, n. 5(nº especial) 228-230.
- Embrapa. 1999. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Emater. Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. Mapa de Solos do Estado do Paraná. Escala 1: 250.000.
- Fægri, K; Iversen, J. 1975. Textbook of pollen analysis. Blackwell Scientific Publications, pp. 295.
- Fernandes, R. S. 2008. 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.
- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 10 Nov. 2015.
- Garcia, M. J. 1997. Palinologia de turfeiras quaternárias do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, estado de São Paulo, Brasil. Parte I: Fungos, Algas, Briófitas e Pteridófitas. *Revista Universidade de Guarulhos – Geociências*, n. II(nº especial), pp. 148-165.
- Garcia, M. J. 1998. Palinologia de turfeiras quaternárias do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil. Parte II: Gymnospermae e Magnoliophyta. *Revista Universidade de Guarulhos - Geociências* 3 (6), 84-107.
- Golovati, D. 2015. Mudanças Paleoambientais ocorridas durante o Holoceno nos municípios de Campo Mourão e Cianorte. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá - Programa de pós-graduação em geografia. Maringá. Brasil.
- Guerreiro, R. L. 2011. Paleoambientes holocênicos da planície do Alto Tibagi, Campos Gerais, sudeste do estado do Paraná. 2011, 88 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.
- Guerreiro, R. L.; Stevaux, J. C.; Parolin, M.; 2013. Assine, M. L. Late pleistocene and holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of upper paraná river, brazil *Revista brasileira de paleontologia*. 16(1): 39-46, Janeiro/Abril 2013
- Hatsbchbach, G. Linsingen, L. V. Uhlmann, A. Cervi, A. C. Sonehara, J de. S. Ribas, O. dos S. 2005. Levantamento Florístico do Cerrado (Savana) Paranaense e Vegetação Associada. *Boletim do Museu Botânico Municipal*. V.66. ISSN, 0100-008X.
- Hórak, I. 2009. Relações pedológicas, isotópicas e palinológicas na reconstrução paleoambiental da Área de Proteção Especial (APE) Pau-de-fruta, Serra do Espinhaço Meridional – MG. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, pp. 282.
- Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Classificação Climática do Estado do Paraná. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>> Acesso em 02 de março de 2015.
- Lima, V. C; Lima, M. R, de. Melo, V. de. F. 2012. Conhecendo os principais solos do Paraná : abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Estadual do Paraná, Curitiba.
- Lorscheitter, M. L.; Ashraf, A. R.; Bueno, R. M,1998. Mosbrugger, V. Pteridophytespores of Rio Grande do Sul flora, Brazil, partI. *Palaeontographica, Abt. B* 246, 1-113.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Bueno, R.M.; 1999. Mosbrugger, V. Pteridophytespores of Rio Grande do Sul flora, Brazil, part II. *Palaeontographica, Abt. B* 251,1-235.
- Luz, C. F. P, da. Barth, O. M.; Silva, C. G. Dinâmica temporal na lagoa do Campelo, região norte do estado do Rio de Janeiro, baseada em estudos Palinológicos. *Revista Brasileira de Paleontologia* 9, 127-136, Janeiro/Abril 2006.
- Luz, L. D. 2014. Aspectos paleoambientais do quaternário superior na região de Campo Mourão, Paraná. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá-Programa de pós-graduação em geografia. Maringá. Brasil.
- Luz, L. D. ;Parolin, M. 2014. Caracterização dos sedimentos turfosos em Campo Mourão, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 7, 319-326.
- Maack, R. 1948. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná – Arquivos de Biologia e Tecnologia, Vol. III, art. IX, pp. 351-362.
- Milanesi, C.; Vignani, R.; Ciampolini, F.; Cattani, L.; Morioni, A.; Arrighi, S.; Scali, M. Tiberi, P.; Sensi, E.; Wang,W.; Cresti, M. 2006. Ultrastructure and DNA sequence analysis of single Concentricystis cells from Alta Val

- Tiberina Holocene sediment. *J. Archaeol. Sci.* 33, 1081–1087.
- Minerpar, 2006. Minérios do Paraná S/A. Atlas geomorfológico do Estado do Paraná. Minerpar (Minérios do Paraná), Curitiba, pp. 63.
- Mizote, L. T. M. 2005. Avaliação da dinâmica da paisagem da área urbana do Município de Campo Mourão - PR. Dissertação de Mestrado. UFPR: Curso de Pós Graduação em Ciências do Solo.
- Neves, P. C. P.; Lorscheitter, M. L. 1992. Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa em Terra de Areia, planície costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. Descrições taxonômicas. Parte II: Gimnospermas e Angiospermas. *Acta Geologica Leopoldensia* 36, 83-114.
- Neves, P. C. P.; Lorscheitter, M. L. 1995. Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa em Terra de Areia, planície costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. Descrições taxonômicas. Parte I: Fungos, Algas, Briófitas, Pteridófitos, palinomorfos e outros fragmentos de invertebrados. *Acta Geologica Leopoldensia* 41, 45-82.
- Parolin, M. 2006. Paleoambientes e paleoclimas no final do Pleistoceno e no Holoceno no Sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul. 2006, 121 f. Tese (Doutorado em Ecologia) Programa de pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá.
- Parolin, M.; Stevaux, J. C. 2001. Clima Seco e Formação de Dunas Eólicas durante o Holoceno Médio em Taquaruçu, Mato Grosso do Sul. *Pesquisas em Geociências (UFRGS)*, Porto Alegre 28, 233-243.
- Parolin, M.; Stevaux, J.C. 2006. Dry climate and eolian dune formation in the Middle Holocene in Mato Grosso do Sul State, Central West Brazil. *Zeitschrift für Geomorphologie. Supplement band* 145, 177-190.
- Parolin, M.; Medeanic, S.; Stevaux, J. C. 2006. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). *Revista Brasileira de Paleontologia* 9, 137-148.
- Parolin, M.; Caxambu, M. G; Cardoso, O. 2015. O Cerrado de Campo Mourão e sua conservação desconservante. In: Ana Paula Colavite; Eloisa Silva de Paula Parolin; Nair Glória Massoquim. (Org.). *Geografia, Espaço e Sociedade: uma análise plural*. 1 ed. Campo Mourão: Editora da Fecilcam 152-171.
- Rezende, A. B. 2010. 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.
- Salgado-Labouriau, M. L. 1994. Contribuição a Palinologia dos Cerrados. Tese Doutorado. Instituto de Biociência, Departamento de Botânica. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Silva, C. M. 1995. Palinologia das turfeiras de São José dos Campos – São Paulo. 1995, 155 f. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências – Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Silva, C. I. da. Fonseca, V. L. I.; Groppo, M.; Bauermann, S. G.; Saraiva, A. M.; Queiroz, E. P.; Evaldt, A. C. P.; Aleixo, K. P.; Castro, J. P.; Castro, M. M. N.; Faria, L. B. de.; Caliman, M. J. F.; Wolff, J. L.; Paulino Neto, H. F.; Garófalo, C. A. 2014. Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto. 1 ed. Ribeirão Preto, SP: Holos.
- Stevaux, J.C. 1993. O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentologia e evolução quaternária de seu curso superior. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, pp.142.
- Stevaux, J. C. 1994. Geomorfologia, Sedimentologia e Paleoclimatologia do Alto Curso do Rio Paraná (Porto Rico-PR). *Boletim Paranaense de Geociências*. Curitiba: Editora da UFPR 42, 97-112.
- Stevaux, J.C. 2000. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. *Quaternary International* 72, 73-85.
- Suguio, K. 1999. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?* São Paulo: Paulo's Editora.