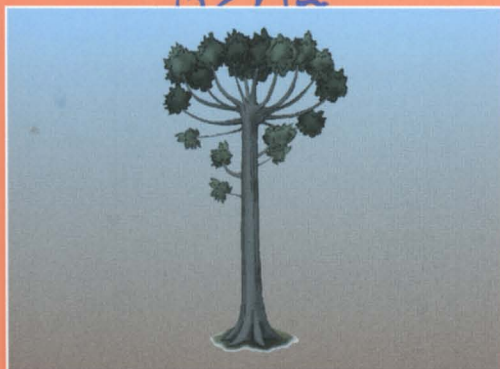


Paleontologia: Cenários de Vida - Paleoclimas



Editores:

Ismar de Souza Carvalho

Maria Judite Garcia

Cecília Cunha Lana

Oscar Strohschoen Jr.



Volume 5



EDITORA INTERCIÊNCIA

Paleontologia: Cenários de Vida

Paleoclimas

Volume 5

Prof. Dr. Luiz C. R. Pessenda
Resp. Laboratório ¹⁴C
CENA/USP

Paleontologia: Cenários de Vida

Paleoclimas

Volume 5

Prof. Dr. Luiz C. R. Pessenda
Resp. Laboratório ¹⁴C
CENA/USP



EDITORA INTERCIÊNCIA

Rio de Janeiro – 2014

PALEOCLIMAS E PALEOVEGETAÇÃO DO QUATERNÁRIO NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

PALEOCLIMATES AND PALEOVEGETATION OF THE QUATERNARY IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Paulo E. De Oliveira¹, Maria Judite Garcia², Vanda Brito de Medeiros³, Luiz Carlos Ruiz Pessenda⁴, Alethea Ernandes Martins Sallun⁵, Kenitiro Suguio¹, Rudney de Almeida Santos³, Eliane de Siqueira⁶ & Rosana Saraiva Fernandes⁷

¹Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, DGSA, Rua do Lago, 562, 05508-080, Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil

²CNPq, Rua Camarajé 65, apto 91B, Jardim Paraíso, 02416-060 São Paulo, SP, Brasil

³UNIB- Universidade Ibirapuera, Av. Interlagos, 1329, Chácara Flora, SP, 04661-100

⁴Universidade de São Paulo, CENA, Laboratório C-14, Avenida Centenário 303, Piracicaba, 13416-000, São Paulo, SP, Brasil

⁵Instituto Geológico, SMA, Av. Miguel Stéfano, 3.900, 04301-903, São Paulo, SP, Brasil

⁶Universidade Guarulhos, LabGeo, Praça Tereza Cristina 1, Centro, 07023-070, Guarulhos, SP, Brasil

⁷Universidade Guarulhos, LabPalino/Paleobotânica, Praça Tereza Cristina 1, Centro, 07023-070 Guarulhos, SP, Brasil

E-mails: paulo.bjd@hotmail.com, mj-garcia@uol.com.br, medeiros.vanda@yahoo.com.br, pessenda@cena.usp.br, aletheamartins@hotmail.com, kenitirosuguio@hotmail.com, esiqueira@ung.br, rsfernandes@ung.br, rudney.a.s@hotmail.com

RESUMO

Por possuir uma grande heterogeneidade ambiental, os registros paleoclimáticos do Estado de São Paulo, no Sudeste do Brasil, fornecem informações significativas sobre a dinâmica vegetacional e climáticas dos mais variados ecossistemas brasileiros desde a fase final do Pleistoceno até os dias atuais como florestas tropicais pertencentes ao domínio da Mata Atlântica, com seus ecossistemas acessórios como manguezais e restingas, assim como vegetação savânica e florestas ombrófilas de altitude. Em sua maioria, esses estudos empregam a técnica da Palinologia do Quaternário, análises isotópicas da matéria orgânica assim como estudos geoquímicos em solos e sedimentos turfosos e lacustres. Para facilitar a apresentação dos dados, os estudos são apresentados em ordem cronológica, com início no final do período Pleistoceno.

Palavras-chave: São Paulo, paleoclimas, paleovegetação, Quaternário, Brasil

ABSTRACT

The significant environmental heterogeneity of the State of São Paulo landscape, in southeastern Brazil, provides a significant source of information regarding climate and vegetation dynamics of important ecosystems since the final stages of the Pleistocene. Among these are the rainforests of the Atlantic coast, with its accessory ecosystems such as mangroves and restingas, as well as savannas and subtropical vegetation in high elevations. In its majority, these studies have used pollen analysis, as well as isotopical and geochemical data in soils, lake and peatbog sediments. In order to facilitate the presentation of these data, the studies are presented following a chronological sequence, starting with the final stages of the Pleistocene until present days.

Keywords: São Paulo, paleoclimates, paleovegetation, Quaternary, Brazil

1. INTRODUÇÃO

A grande heterogeneidade da paisagem do Estado de São Paulo, em termos geográficos, geológicos, vegetacionais e climáticos é expressa em vários estudos do Quaternário Tardio, que trazem dados relevantes sobre a evolução de vários ecossistemas brasileiros como manguezais, restingas, cerrados, florestas ombrófilas da Mata Atlântica assim como ecossistemas alto-montanos de Floresta de Araucaria e campos de altitude (Figura 1).

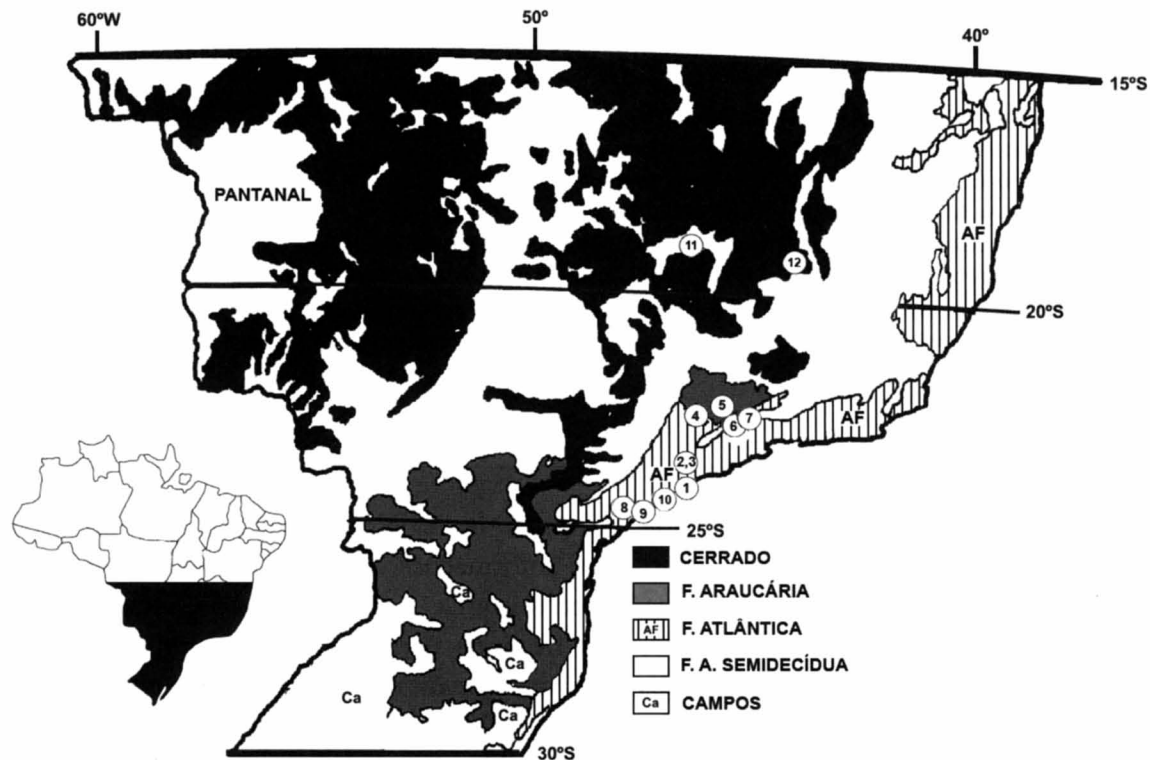


Figura 1. Localização aproximada dos estudos paleoclimáticos do Estado de São Paulo, discutidos neste capítulo, em relação aos principais tipos de vegetação do setor sul/centro-oeste do Brasil: 1. Pessenda *et al.* (2012), 2. Santos (2006); 3. Takiya (1997); 4. Siqueira (2012); 5. Behling (1997); 6. Garcia *et al.* (2004); 7. Santos (2009); 8. Ybert *et al.* (2003); 9. Vidotto (2008), Passarini Jr. (2009); 10. Sallun *et al.* (2012), Medeiros (2010). 11. De Oliveira (1992) e 12. Raczka *et al.* (2013). Mapa modificado de Garcia *et al.* (2004).

Este capítulo oferece uma rápida síntese desse conhecimento e para facilitar a compreensão das variações ambientais nessa região, os resultados são apresentados sob uma ordem cronológica, que começa com dados paleoecológicos referentes ao período equivalente ao Último Máximo Glacial (UMG), no hemisfério norte, seguindo pela transição Pleistoceno/Holoceno e pelo Holoceno até os dias atuais. O início da discussão desses resultados a partir do UMG, por volta de 18.000 anos A.P. (Antes do Presente) (21.360 anos cal. A.P.), é justificado pelos fortes impactos ambientais que afetaram principalmente os ecossistemas costeiros e montanos paulistas com a queda significativa da temperatura média em sincronia com a redução relativa do nível do mar, com média global de 150 metros e conseqüente afastamento da linha de costa (Dawson, 1992; Palma, 1984; Salgado-Labouriau, 1994), que na costa do Estado de São Paulo deve ter atingido até 150 km da linha atual (Pessenda *et al.*, 2009). Por outro lado, os dados referentes ao Holoceno aparecem separados de acordo com os padrões

geográficos e climáticos definidos pelas regiões alto montanas da Serra da Mantiqueira e Serra do Mar e pela planície costeira com manguezais e restingas. Os proxies utilizados nesses estudos e discutidos neste capítulo envolvem principalmente a análise palinológica, a determinação de isótopos de carbono na matéria orgânica de sedimentos lacustres e solo e análises geoquímicas.

2. O ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAL (UMG)

O período cronológico, correspondente à última fase de intensificação das condições glaciais no hemisfério norte, por volta de 18.000 anos AP (21.360 anos cal. A.P.), encontra-se representado por análises palinológicas em áreas paulistas e adjacentes em seis localidades: Serra da Mantiqueira, Serra do Mar, no Vale do Rio Paraíba do Sul e no Planalto Paulista, em área pertencente ao Núcleo Curucutu, Parque Estadual Serra do Mar. Pessenda *et al.* (2009) examinaram o conteúdo polínico de uma turfeira, que teve sua deposição iniciada por volta de 33.000 anos A.P. (38.400 anos cal. A.P.), e avaliaram o padrão de isótopos de carbono em solos de área de campo alto-montano e floresta ombrófila nebulosa. Os dados indicam que de *ca.* 28.000 a 22.000 anos A.P. (33.365 a 26.469 anos cal. A.P.), a vegetação predominante foi de Floresta de Araucária, indicativa de condições climáticas úmidas e frias. Além dos dados de concentração de pólen arbóreo, a alta umidade também foi representada por um aumento significativo nas taxas de sedimentação e pela presença significativa de esporos de algas, encontradas em áreas brejosas, especialmente entre 19.450 e *ca.* 19.000 anos A.P. (23.178 e *ca.* 22.570 anos cal. A.P.), assim como por processos erosivos entre 19.000 e 15.600 anos A.P. (22.570 e 18.803 anos cal. A.P.). Em todo esse período os isótopos de carbono indicaram a presença contínua de elementos com fotossíntese C3.

A expansão de Floresta de Araucária, no setor montano da divisa dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, também foi assinalada para o UMG em Monte Verde (MG) por Siqueira (2006 e 2012). Segundo a autora, os últimos 40.000 anos (44.720 anos cal. A.P.), o setor oeste da Serra da Mantiqueira foi caracterizado por condições úmidas e frias compatíveis com a permanência contínua de Floresta de Araucária, com seus elementos acessórios típicos como *Drimys*, *Podocarpus*, *Myrsine* (*Rapanea*), Myrtaceae entre outros. Esses dados, porém, opõem-se fortemente ao cenário paleoclimático proposto por Behling (1997) para o setor leste daquela Serra, onde se localiza o município de Campos do Jordão (SP).

Segundo Behling (1997) o diagrama polínico da Serra de Itapeva, naquela localidade, mostra o predomínio de vegetação de campo, dominada por gramíneas e asteráceas e representação diminuta de elementos arbóreos, entre eles, elementos da Floresta de Araucária. De acordo com o autor, a Floresta de Araucária dessa região só se tornou proeminente na vegetação após o médio Holoceno. Segundo Siqueira (2012), essa aparente discrepância entre os dados pode ser explicado pelo fato que durante grande parte do último ciclo glacial o setor oeste da Serra da Mantiqueira esteve possivelmente sob influência direta de climas de monção com o estabelecimento do corredor de umidade entre a Amazônia e o Sudeste através da Zona de Convergência do Atlântico do Sul (ZCAS), como sugerido pelos modelos climáticos de Cruz *et al.* (2006, 2007). Por conseguinte, o setor leste, onde se localiza Campos do Jordão, poderia ter ficado desde o final do período glacial até o Médio Holoceno sob condições climáticas menos úmidas, possivelmente relacionados a um afastamento da linha de costa e, por conseguinte de clima mais continental até o Holoceno. Contudo, essa argumentação perde

força frente aos dados da Serra do Mar, por Pessenda *et al.* (2009), que mostram inequivocamente a presença de Floresta de Araucaria no setor leste alto montano de São Paulo, ou seja, na Serra do Mar, indicativa de clima úmido e frio. Segundo De Oliveira *et al.* (2005), uma explicação para a discrepância de dados palinológicos pode ter a ver com o fato de que alguns palinólogos superestimam o significado ambiental de pólen de poáceas (gramíneas), o que pode acarretar distorções na interpretação do sinal polínico. Independentemente desta discussão, outros registros palinológicos da região Sudeste também mostram a expansão de florestas de Araucária durante o final do Pleistoceno, como o da região montana do setor leste de Minas Gerais, onde De Oliveira (1992) evidenciou o aumento expressivo de árvores do gênero *Araucaria* e táxons acessórios na localidade de Patrocínio, no Triângulo Mineiro. Segundo o autor, o aumento dessas florestas de Araucária estava em sincronia com avanços de geleiras no setor andino do sul do Chile e Argentina, reportados por Mercer (1976) e por Clapperton (1987) no Equador e, por Wright (1983) no Peru. Apoio para hipótese de a expansão de Florestas de Araucária, em período equivalente à fase de intensificação glacial, é o de Santos (2006). Ao estudar o sinal polínico de sedimentos, datados de 38.000 anos A.P. (42.990 anos cal. A.P.), obtidos em um terraço fluvial do Rio Embu-Guaçu, dentro da Região Metropolitana da cidade de São Paulo, o autor verificou um espectro polínico típico de floresta diversificada e densa de Araucária, composta também por árvores dos gêneros *Podocarpus*, *Drimys*, Myrtaceae, *Ilex*, entre outros. Nesse mesmo espectro o autor destacou a uma expressiva concentração de pólen de *Alnus*, elemento arbóreo sul andino, disperso a longas distâncias pelo vento, que por sua vez apóiam a existência naquela época de fortes massas de ar polar provenientes do continente antártico. Conclusões similares sobre o clima durante pontos isolados do último ciclo glacial no Planalto Paulista foram obtidos por Takiya (1997) que relatou a presença de *Araucaria*, *Podocarpus*, *Ilex*, Myrtaceae, *Drimys*, Ericaceae, *Rapanea*, *Symplocos* e *Weinmannia*.

Ainda no final do período atribuído ao UMG, condições climáticas similares foram reportadas para um sistema de turfeiras, no município de Taubaté (SP), no Vale do rio Paraíba do Sul. Em seus estudos palinológicos nesta região Garcia (1994) evidencia o aumento de táxons de florestas úmidas e frias como *Rapanea* e *Symplocos*, táxons comumente encontrados em florestas de gimnospermas atuais do Estado de São Paulo.

Outros estudos palinológicos sugerem que o aumento das florestas de gimnospermas, atualmente encontradas em áreas elevadas do Sudeste e em regiões mais baixas do Sul do Brasil, parece ter sido um fenômeno mais generalizado durante a intensificação glacial no norte do que previsto anteriormente uma vez que atingiu áreas atuais de cerrado como, por exemplo, a região central de Minas Gerais. Segundo Raczka *et al.* (2013), que analisou sedimentos lacustres na região de Lagoa Santa (MG), o UMG foi caracterizado por uma composição florística incomum, e sem análogos modernos, onde elementos como *Araucaria* e *Podocarpus* se associaram com alguns táxons exclusivos de cerrado como, por exemplo, *Caryocar* (pequi) sob clima mais frio e úmido.

3. HOLOCENO

As condições vegetacionais e climáticas da transição Pleistoceno/Holoceno e o Holoceno, de uma forma geral, estão relativamente bem documentadas no Estado de São Paulo em localidades alto montanas, no Planalto Paulista, no Vale do Rio Paraíba do Sul e na planície costeira graças a estudos palinológicos, isotópicos e geoquímicos, que são corroborados por análises em áreas geográficas afins.

3.1 Regiões Alto Montanas e Planalto Paulista

Na Cratera de Colônia, no município de São Paulo, ocorrem registros palinológicos sugestivos de que a Mata Atlântica sofreu modificações, com expansão de floresta durante os últimos 100.000 anos (Ledru *et al.*, 2005). As variações das temperaturas, nas latitudes polares, podem estar relacionadas com as oscilações da umidade e conseqüentemente, com a duração dos períodos secos em latitudes tropicais e subtropicais, durante períodos glaciais e interglaciais do Hemisfério norte. Tais alterações seriam resultantes de mudanças climáticas provocadas pela frequência de incursões de ar polar, que induziria uma permanente cobertura de nuvens e precipitação. A ocorrência de *Araucaria* sugere que as matas eram bem desenvolvidas, na região, até o início de uma fase seca a 50.000 anos A.P. e, duas outras fases de estresse para a floresta, bem marcadas entre 23.000 e 12.000 anos A.P. e, entre 40.000 e 30.000 anos A.P. (44.100 a 34.700 anos cal. A.P.) (Ledru *et al.* 2009).

No alto da Serra do Mar, em Curucutu (Pessenda *et al.*, 2009), o Holoceno é caracterizado por condições climáticas relativamente similares às atuais com o predomínio de táxons pertencentes à floresta ombrófila nebulosa e por áreas de campos, em situação de mosaico floresta/campo que existiu pelo menos nos últimos 30.000 anos (35.407 anos cal. A.P.). Em termos botânicos a transição Pleistoceno/Holoceno é marcada pelo desaparecimento das gimnospermas *Araucaria* e *Podocarpus*. Similarmente, na Bacia de São Paulo, nas proximidades de Curucutu, Takiya (1997) relata a presença de condições climáticas úmidas em 10.990 anos A.P. (12.867 anos cal. A.P.) com a presença de mosaico floresta/campo.

3.2 Vale do Rio Paraíba do Sul

Análises palinológicas realizadas no vale do Rio Paraíba do Sul por Santos (2009), Garcia (1994) e Garcia *et al.* (2004) fornecem informações sobre o paleoclima e a paleovegetação para o Vale do Rio Paraíba do Sul (Figura 2), entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, especialmente após a transição Pleistoceno/Holoceno. Segundo Santos (2009) o início do Holoceno é marcado pela ativação do sistema de meandros graças a um aumento de umidade, com conseqüente formação de sistemas lacustres, margeados por florestas tropicais com fases de floresta de Araucária. Estes estudos indicam que o clima regional no início do Holoceno foi caracterizado por estágios úmidos e relativamente frios entre *ca.* 9.800 anos A.P. (11.215 anos cal. A.P.) até *ca.* 8.000 anos A.P. (8.906 anos cal. A.P.), intercaladas por um período mais quente e úmido no médio Holoceno, que foi seguido por um ressurgimento de condições mais frias entre 3.500 e 1.950 anos A.P. (3.774 e 1.892 anos cal. A.P.) com o retorno de elementos botânicos, comumente associados às florestas alto-montanas de *Araucaria* e *Podocarpus*. Análises de sinais palinológicos atuais na vegetação moderna da região mostram também que esse curto período de esfriamento regional impulsionou a migração de táxons alto-montanas para o Vale do Rio Paraíba do Sul, com elevação entre 700 m e 800 m (Garcia *et al.*, 2004).

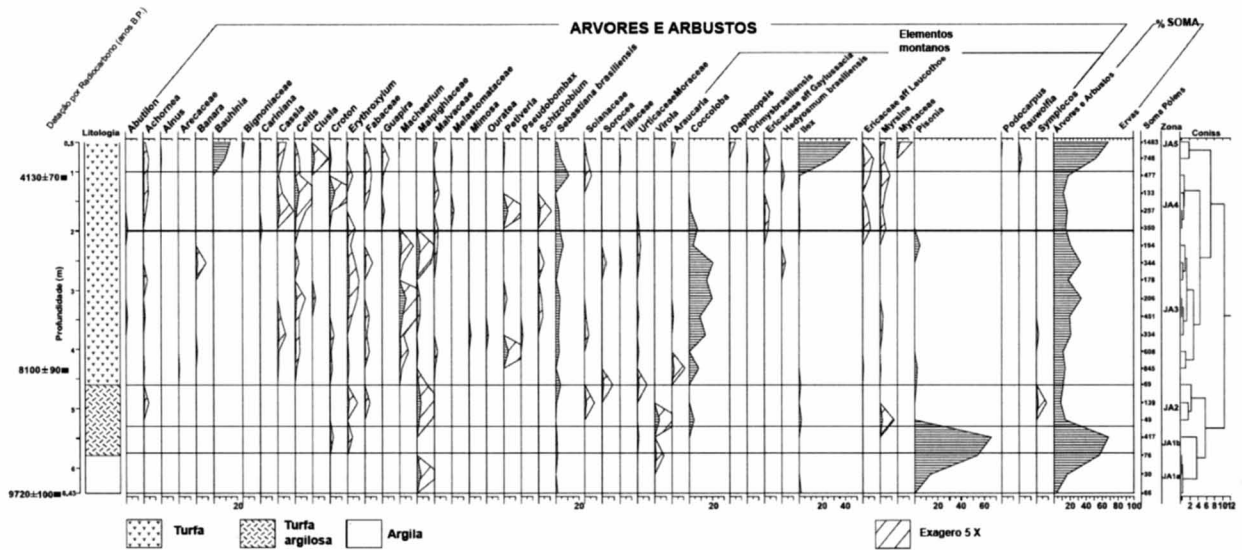


Figura 2. Diagrama polínico de porcentagem de Jacaréí (Garcia *et al.*, 2004).

3.3 Centro Norte

No Rio Tamanduá em São Simão (SP), foram encontradas evidências de um período mais úmido entre 33.000 e 20.000 anos A.P. (37.550 e 23.900 anos cal. A.P.), com período mais seco entre 17.000 e 10.000 anos A.P. (20.240 e 11.400 anos cal. A.P.) seguido de período mais úmido entre 10.000 e 6.000 anos A.P. (11.400 e 6.780 anos cal. A.P.) e mais seco após 6.000 anos A.P. (6.780 anos cal. A.P.) (Turc *et al.*, 1997).

Na Lagoa do Infernã, localizada na Estação Ecológica Jataí, nas margens do Rio Moji-Guaçu, com base em isótopos de sedimentos de sondagem, com idades de 3.500 anos A.P. (3.694 anos cal. A.P.) até o recente, Lobo *et al.* (2001) constataram que o fitoplâncton, as macrófitas aquáticas (C3) e também o domínio de angiospermas, tiveram grande contribuição orgânica na fase lacustre. Os resultados isotópicos de ^{13}C e ^{15}N mostraram a evolução de um sistema fluvial para lacustre em 3 fases: fase fluvial antiga mais antiga que 3.500 anos A.P. (3.694 anos cal. A.P.), transição de fase fluvial para lacustre de 3.500 a 3.000 anos A.P. (3.694 a 3.080 anos cal. A.P.) com maior precipitação pluviométrica e, fase lacustre entre 3.000 anos A.P. (3.080 anos cal. A.P.) até o recente.

3.4 Regiões Costeiras

3.4.1 O registro paleoambiental da Jureia

Entre os aspectos geomorfológicos da região costeira do estado de São Paulo destacam-se as áreas de Serrania Costeira e Baixadas Litorâneas e Morraria Costeira (Almeida, 1964), que por sua vez influenciam o clima e a flora dessa região. A Serrania Costeira, ao impedir que massas de ar se dirijam ao interior do continente, acarreta a formação de densos nevoeiros, com chuvas presentes em

todos os meses do ano, que por sua vez favorecem taxas de umidade com padrão parecido de áreas da Amazônia (Nimer, 1989). Essa diversidade do meio físico é expressa na vegetação com a presença da Mata Atlântica, *sensu lato*, caracterizada por matas de encosta, de restinga, manguezais e dunas (Toscanha Jr., 2005).

Um importante estudo paleoclimático dessa região é fornecido por Sallun *et al.* (2012) que analisaram aspectos geoquímicos de sedimentos lagunares holocenos na Estação Ecológica Juréia-Itatins, no litoral sul do Estado. Segundo os autores foram observadas mudanças climáticas cíclicas e graduais de diferentes intensidades e frequências ao longo do tempo geológico e padrões correlacionados a ciclos transgressivos-regressivos do nível marinho. As variações sedimentares registradas foram apresentadas como resultado da interação de diversos fatores em diferentes escalas temporais e espaciais, controlados pela interação de diversos fenômenos astronômicos, geofísicos e geológicos. Variações anômalas nos sedimentos paleolagunares, que ocorreram entre 8.370 e 6.620 anos A.P. (9.400 e 7.500 anos cal. A.P.), foram correlacionadas a diversos eventos paleoclimáticos. Altas taxas de sedimentação (10 cm/ano) geradas entre 7.620 e 7.600 anos A.P. (8.385 e 8.375 anos cal. A.P.), a ocorrência de variação isotópica e de certos elementos químicos indicaram a existência de grande intensidade de processos sedimentares que foram correlacionados ao evento climático conhecido na literatura internacional como “8.2 ka event”, ou seja, 8.200 anos A.P. Apesar do evento 8.2 ka event ter causado um esfriamento global temporário, causou imediatamente mudanças climáticas e influenciou o aumento do nível do mar (Sallun *et al.*, 2012).

Há cerca de 11.500 anos A.P., no final do Último Máximo Glacial (LGM), as condições ambientais tornaram-se mais amenas, com temperaturas mundiais que começaram a subir até alcançar valores atuais. As grandes geleiras que haviam se instalado no América do Norte, como a *Laurentide*, começaram a derreter, resultando na formação de grandes lagos de água doce. Na borda leste da América do Norte, havia dois lagos glaciais na Hudson Bay region (Barber *et al.*, 1999; Leverington *et al.*, 2002), suportados por uma represa. Em torno de 8.200 anos atrás, a represa se rompeu e gerou um enorme aporte de água doce para o oceano. A água doce diluiu a água salgada, densa e fria do mar. A água do mar se tornou mais doce e mais leve, causando uma anomalia de salinidade no Atlântico Norte, que transformou a circulação termohalina mundial. Esse acontecimento teve um grande impacto climático, com rebaixamento da temperatura terrestre principalmente no Hemisfério Norte (Barber *et al.*, 1999). Em questão de pouco tempo, as condições climáticas mudaram rapidamente, e este período ficou conhecido como “8.2 ka event” (Thomas *et al.*, 2007; Kobashi *et al.*, 2007). Este evento foi reconhecido pela primeira vez em testemunhos de gelo da Groelândia, onde verificou-se registros de menor temperatura e de acúmulo de neve (Thomas *et al.*, 2007) por mais de duas décadas (Alley *et al.*, 1997; Kobashi *et al.*, 2007). Em bolhas de ar nestes testemunhos de gelo ocorre uma queda de 10-15% do metano (Alley *et al.*, 1997), correlacionada a diminuição da área de cobertura das florestas tropicais úmidas, provocada por um clima mais seco. Há evidências de que o “8.2 ka event” causou uma queda cerca de 2°C na temperaturas da Europa (Wick & Tinner, 1997), um clima mais frio entre 8.9 e 8.3 mil anos A.P. nos USA (Hu *et al.*, 1999), mudanças significativas no nível do mar no mar da Noruega (Klitgaard-Kristensen *et al.*, 1998), condições extremamente secas na borda sudeste do Sahara (Street-Perrot & Perrot, 1990; Gasse & Van Campo, 1994), avanços glaciais no sul da Nova Zelândia (Salinger & McGlone, 1990), aumento de precipitação e/ou diminuição de temperatura na América do Sul e área central do Atlântico Sulcentral (Ljung *et al.*, 2008; Douglass *et al.*, 2005). As mudanças ambientais que acompanharam o “8.2 ka event” geraram silêncios arqueológicos devido a diminuição

da temperatura, com migração para ambientes mais favoráveis em regiões intensamente povoadas, que foram abandonadas abruptamente em torno de 8.200 anos A.P. da Espanha até a Grécia e no Oriente Médio (Gonzalez-Samperiz *et al.*, 2009), e conduziram a introdução da agricultura no sudeste da Europa (Weninger *et al.*, 2006). Apesar do “8.2 ka event” ser bem definido, com a melhor correlação holocena para temperaturas entre testemunhos de gelo da Groenlândia e registros isotópicos em lagos da Europa, sua extensão global ainda não é bem conhecida, porque os registros paleoclimáticos de escala centenal ainda são muito escassos.

3.4.2 O registro palinológico da Juréia

As análises palinológicas dos sedimentos estudados por Sallun *et al.* (2012) foram realizadas Medeiros (2010). Segundo a autora, entre 8.370 e 6.830 anos A.P. (9.440 e 7.615 anos cal. A.P.) a presença da floresta é confirmada tanto por dados palinológicos quanto isotópicos, os quais revelam a presença de plantas C3, características de ambientes úmidos. A presença de *Arecaceae*, *Myrtaceae* e *Urticaceae* revelaram um clima quente.

Entre 6.830 e 5.400 anos A.P. (7.615 e 5.700 anos cal. A.P.) a concentração de palinomorfos diminuiu devido à elevação do NRM, no entanto, as percentagens dos elementos de floresta continuaram elevadas e a análise isotópica revelou a presença da floresta nos arredores, com a mesma conformação do nível anterior e indica um clima quente e úmido, como o anterior.

De 5.400 e 2.180 anos A.P. (5.700 a 2.120 anos cal. A.P.) os elementos arbóreos mantiveram a mesma percentagem, com a presença constante de *Alchornea*, *Arecaceae*, *Myrtaceae*, *Piperaceae* e *Urticaceae*. Nesse período, a concentração dos elementos arbóreos diminuiu, em virtude de oscilações do NRM, que causaram o deslocamento da vegetação em decorrência do aumento de áreas alagadas. No entanto, os dados isotópicos revelaram a presença de floresta com plantas C3, características de ambientes quentes e úmidos.

No período compreendido entre 2.180 e 280 anos A.P. (2.120 a 305 anos cal. A.P.) os sedimentos da paleolaguna estariam expostos, devido ao NRM que estava em declínio, o que dificultava a preservação polínica. Este fato explica a baixa concentração de grãos de pólen, ao mesmo tempo em que justifica a elevação das pteridófitas, que como pioneiras se instalam e dominam a paisagem. A presença de pteridófitas em abundância sugere um clima úmido.

A partir de 280 anos A.P. (305 anos cal. A.P.) a concentração de pteridófitas diminuiu e volta aos patamares anteriores, ao mesmo tempo em que ocorreu uma explosão na concentração de elementos arbóreos, com destaque para *Alchornea* e *Cecropia*, elementos pioneiros, que dão início à colonização da paleolaguna após o recuo do NRM. As ciperáceas também apresentam elevação em sua concentração. Os dados revelam que o clima estava quente e úmido, próximo ao presente (Medeiros, 2010).

3.4.3 O registro paleoambiental na Ilha do Cardoso, Cananéia

Na Ilha do Cardoso, Cananéia, sul do Estado de São Paulo, Pessenda *et al.* 2012 coletaram um testemunho de 190 cm de um manguezal, de onde foram analisados pólen, algas diatomáceas e isótopos do C e N, com o objetivo de determinar a dinâmica dos ecossistemas costeiro terrestre/aquático e as mudanças de vegetação com inferências climáticas na região de Mata Atlântica desde o Pleistoceno tardio. Os resultados indicaram que entre > 40.000 anos cal. A.P. e ~23.000 anos cal.

A.P. as plantas C3 foram predominantes e os grãos de pólen indicaram a presença dos gêneros *Ilex*, *Alchornea*, *Weinmannia*, *Myrsine*, *Symplocos*, *Drimys* and *Podocarpus* no local atualmente ocupado por um manguezal. Estes dados indicaram um clima mais frio e mais úmido do que o presente e um nível relativo marinho mais baixo do que o atual. De ~23.000 anos cal. A.P. a ~2.200 anos cal. A.P. se observou um hiato sedimentar, provavelmente relacionado com um evento erosivo associado ao aumento do nível do mar após o último máximo glacial. Desde ~2.200 anos cal. A.P. os dados isotópicos de C e N indicaram o predomínio de plantas C3 associadas a presença de algas diatomáceas marinhas, indicativo do retorno da linha de costa atual e consequente desenvolvimento do manguezal.

3.4.4 O médio Holoceno até o Presente no litoral sul

Nas proximidades de Iguape, em estudo palinológico, Ybert *et al.* (2003) mostraram que entre 4.360 e 3.240 anos A.P. (4.919 e 3.453 anos cal. A.P.) a elevação do nível relativo do mar (NRM) influenciou a baixa concentração polínica em todos os grupos vegetais. A presença maciça de elementos arbóreos, em relação aos elementos herbáceos, preconiza um ambiente quente e úmido. No período entre 3.240 e 2.584 anos A.P. (3.453 e 2.720 anos cal. A.P.), sem a presença de elementos marinhos (diatomáceas), ocorrem de forma considerável os elementos arbóreos, o que sugere o aumento da umidade. No entanto, este aumento pode ser devido ao lento rebaixamento do NRM, que permitiu que áreas antes alagadas com água salobra fossem ocupadas com elementos florestais. Neste intervalo de tempo ocorre um evento a *ca.* 3.060 anos A.P. (3.281 anos cal. A.P.), que pode ser compreendido como quente e seco, mas segundo curvas do NRM (Suguio *et al.*, 1985) correspondem a um evento de rebaixamento do NRM abaixo do atual, o que pode ter facilitado a implantação de vegetação de dunas.

Entre 2.584 e 1.180 anos A.P. (2.720 e 1.093 anos cal. A.P.) a vegetação arbórea predomina, o que indica um clima quente, mas a umidade diminui relativamente nos arredores, devido à diminuição drástica de ciperáceas e de pteridófitas.

De 1.180 a 764 anos A.P. (1.093 a 690 anos cal. A.P.) é revelado um clima mais úmido que o anterior, com a presença de elementos de áreas alagadas, como ciperáceas, *Sphagnum* e diversas pteridófitas, ao mesmo tempo em que os elementos arbóreos diminuem drasticamente.

No período compreendido entre 764 anos A.P. (690 anos cal. A.P.) e a atualidade, a vegetação se caracterizou por elementos arbóreos, com a diminuição dos elementos de áreas alagadas, o que denota um clima quente e menos úmido que o anterior.

Amaral *et al.* (2006) estudou um sistema de manguezal em Itanhaém, litoral paulista, e encontrou evidências palinológicas de que em 1.300 anos A.P. (1.263-1.167 anos cal. A.P.) um manguezal já existia na costa paulista, com expansão em 1.000 anos A.P. (917-806 anos cal. A.P.), e alcançando o seu tamanho atual em 700 anos A.P. (655-567 anos cal. A.P.), indicando condições paleoclimáticas não muito diferentes das atuais. Como o manguezal se desenvolve preferencialmente em uma área com substrato lamoso e abrigada das ondas, o aumento da frequência de grãos de pólen de mangue e a transição de areia para lama indicam o fechamento gradual do estuário em Itanhaém. O pleno desenvolvimento do manguezal somente foi possível após o preenchimento sedimentar do paleoestuário-lagunar.

Outro registro palinológico do setor sul do litoral paulista é o de Passarini Jr (2009), que analisou os sedimentos da Lagoa Vermelha, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira-(PETAR),

localizada a 500 m acima do NRM atual. O estudo constatou que entre aproximadamente 2.500 e 2.000 anos A.P. (2.612 e 1.945 anos cal. A.P.) o clima na região estudada esteve mais frio que o atual, devido à presença de grãos de pólen de *Araucaria*, *Ilex* e *Didymopanax* em alta concentração. Contudo a umidade manteve-se adequada para a manutenção da floresta no entorno da lagoa, apesar da baixa concentração de ciperáceas, uma vez que os dados isotópicos indicam a presença de matéria orgânica de origem terrestre e aquática neste período.

De 2.000 a 1.000 anos A.P. (1.945 a 918 anos cal. A.P.) a concentração de *Araucaria* diminuiu ao mesmo tempo em que houve uma elevação na concentração de *Arecaceae*, *Myrsine* e *Myrtaceae* e *Weinmannia*, o que, segundo os autores, indica o retorno de clima mais quente e úmido. Os dados isotópicos mostraram como fonte de matéria orgânica a mistura de elementos terrestres e aquáticos, com aumento de deposição de material terrestre, devido a maior área de abrangência da floresta.

Entre 1.000 a 680 anos A.P. (918 a 646 anos cal. A.P.) as concentrações de *Weinmannia* e *Arecaceae*, além das pteridófitas e da alga *Botryococcus* continuaram em elevação e os dados isotópicos mostram um aumento no aporte de matéria orgânica terrestre ao sedimento, fatos que indicam um clima mais quente e úmido que o atual.

A partir de 680 anos A.P. (646 anos cal. A.P.) a presença de *Botryococcus* diminuiu e atinge uma estabilidade que permanece até os dias atuais. Grãos de pólen de *Cyperaceae* aumentam consideravelmente em um determinado momento, por volta de 550 anos A.P. (554 anos cal. A.P.), mas logo diminuem. *Arecaceae* e *Weinmannia* continuam presentes, mas em concentrações menores. Estas informações indicam um clima menos quente e úmido que o encontrado no período anterior, parecido com o atual.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEY, R.B.; MAYEWSKI, P.A.; SOWERS, T.; STUIVER, M.; TAYLOR, K.C. & CLARK, P.U., 1997. Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8,200 years ago. *Geology*, 25: 483-486.
- ALMEIDA, F. F. M. 1964. Geologia do estado de São Paulo: Fundamentos geológicos do relevo Paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, SP*, 41: 167-274.
- AMARAL, P.G.C.; LEDRU, M.P.; BRANCO, F.R. & GIANNINI, P.C.F. 2006. Late Holocene development of a mangrove ecosystem in southeastern Brazil (Itanhaém, State of São Paulo). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 241: 608-620.
- BARBER, D.C.; DYKE, A.; HILLAIRE-MARCEL, C.; JENNINGS, A.E.; ANDREWS, J.T.; KERWIN, M.W.; BILODEAU, G.; MCNEELY, R.; SOUTHON, J.; MOREHEAD, M.D. & GAGNON, J.M., 1999. Forcing of the cold event of 8,200 years ago by catastrophic drainage of Laurentide lakes. *Nature*, 400: 344-348.
- BEHLING, H. 1997. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 129: 407-422.
- CLAPPERTON, C.M. 1987. Maximum extent of the Late Wisconsin glaciations in the Ecuadorian Andes. In: RABASSA, J. (ed.). *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, Rotterdam, Holanda: A.A. Balkema, p. 165-180.
- CRUZ JR., F.W.; BURNS, S.J.; KARMANN, I.; SHARP, W.D. & VUILLE, M. 2006. Reconstruction of regional atmospheric circulation features during the Late Pleistocene in subtropical Brazil from oxygen isotope composition of speleothems. *Earth and Planetary Science Letters*, 248: 495-507.

- CRUZ JR., F.W.; BURNS, S.J.; JERCINOVIC, M.; SHARP, W.D.; KARMANN, I. & VUILLE, M. 2007. Evidence of rainfall variations in Southern Brazil from trace element ratios (Mg/Ca and Sr/Ca) in a Late Pleistocene stalagmite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71: 2250–2263.
- DAWSON, A.G. 1992. *Ice Age Earth. Late Quaternary Geology and Climate*. Routledge, London and New York, 293 p.
- DE OLIVEIRA, P.E. 1992. *A Palynological record of Late Quaternary vegetation and climatic change in Southeastern Brazil*. The Ohio State University, Columbus, Ohio, EUA. Tese de Doutorado. 238 p.
- DE OLIVEIRA, P.E.; BEHLING, H.; LEDRU, M.-P.; BARBERI, M.; BUSH, M.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; GARCIA, M.J.; MEDEANIC, S.; BARTH, O.M.; BARROS, M. & SCHEEL-YBERT, R., 2005. Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil. Cap. In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S. & DE OLIVEIRA, P.E. (eds.). *Quaternário do Brasil*. Ed. Holos, Ribeirão Preto, SP, Brasil, pp. 52–74.
- DOUGLASS, D.C.; SINGER, B.S.; KAPLAN, M.R.; ACKERT, R.P.; MICKELSON, D.M. & CAFFEE, M.W. 2005. Evidence for Early Holocene glacial advances in southern South America from cosmogenic surface exposure dating. *Geology*, 33: 237–240.
- GARCIA, M.J. 1994. *Palinologia de turfeiras Quaternárias do médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado. 354 p.
- GARCIA, M.J.; DE OLIVEIRA, P.E.; DE SIQUEIRA, E. & FERNADES, R.S. 2004. A Holocene vegetational and climatic records from the Atlantic rainforest belt of coastal state of São Paulo, SE Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 131(3–4): 181–199.
- GASSE, F. & VAN CAMPO, E. 1994. Abrupt post glacial events in West Asia and North Africa monsoon dynamics. *Earth and Planetary Science Letters*, 126: 435–456.
- GONZALEZ-SAMPERIZ, P.; UTRILLA, P.; MAZO, C.; VALERO-GARCES, B.; SOPENA, M.C.; MORELLON, M.; SEBASTIAN, M.; MORENO, A. & MARTINEZ-BEA, M., 2009. Patterns of human occupation during the early Holocene in the Central Ebro Basin (NE Spain) in response to the 8.2 ka climatic event. *Quaternary Research*, 71(2): 121–132.
- HU, F.S.; SLAWINSKI, D.; WRIGHT JR., H.E.; ITO, E.; JOHNSON, R.G.; KELTS, K.R.; MCEWAN, R.F. & BOEDIGHEIMER, A. 1999. Abrupt changes in North American climate during early Holocene times. *Nature*, 400: 437–440.
- KLITGAARD-KRISTENSEN, D.; SEJRUP, H.P.; HAFLIDASON, H.; JOHNSEN, S. & SPURK, M. 1998. A regional 8200 cal. yr BP cooling event in northwest Europe, induced by final stages of the Laurentide ice-sheet deglaciation? *Journal of Quaternary Science*, 13: 165–169.
- KOBASHI, T.; SEVERINGHAUS, J.P.; BROOK, E.J.; BARNOLA, J.-M. & GRACHEV, A.M. 2007. Precise timing and characterization of abrupt climate change 8200 years ago from air trapped in polar ice. *Quaternary Science Reviews*, 26: 1212–1222.
- LEDRU, M.-P.; ROUSSEAU, D.-D.; CRUZ JR., F.W.; RICCOMINI, C., KARMANN, I. & MARTIN, L. 2005. Paleoclimate changes during the last 100,000 yr from a record in the Brazilian Atlantic rainforest region and interhemispheric comparison. *Quaternary Research*, 64: 444–450.
- LEDRU, M.-P.; MOURGUIART, P. & RICCOMINI, C. 2009. Related changes in biodiversity, insolation and climate in the Atlantic rainforest since the last interglacial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 271: 140–152.
- LEVERINGTON, D.W.; MANN, J.D. & TELLER, J.T. 2002. Changes in the bathymetry and volume of glacial Lake Agassiz between 9200 and 7600 14C yr B.P. *Quaternary Research*, 57: 244–252.
- LJUNG, K.; BJÖRCK, S.; RENSSSEN, H. & HAMMARLUND, D. 2008. South Atlantic island record reveals a South Atlantic response to the 8.2 kyr event. *Climate of the Past*, 4(1): 35–45.
- LOBO, I.; MOZETO, A. A. & ARAVENA, R. 2001. Paleohydrological investigations in the Infernão Lake, Moji-Guaçu river watershed, SE Brazil. *Journal of Paleolimnology*, 26: 119–129.

- MEDEIROS, V.B. 2010. *Estação Ecológica Juréia-Itatins (SP) e as flutuações de níveis marinhos abaixo do atual no Holoceno: palinologia e paleoclima*. Centro de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos, Guarulhos, Dissertação de Mestrado, 144 p.
- MERCER, J.H. 1976. Glacial History of southernmost South America. *Quaternary Research*, 6: 125-166.
- NIMER, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE. 421 p.
- PALMA, J.J.C. 1984. *Geologia do Brasil*. Ministério das Minas e Energia. DNPM, Brasília, DF, p. 501.
- PASSARINI JR., J.R. 2009. *Estudo interdisciplinar em sedimentos lacustres da região sul do estado de São Paulo. Reconstrução da vegetação e do clima no Quaternário tardio*. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Dissertação de Mestrado, 115 p.
- PESSENDA, L.C.R.; DE OLIVEIRA, P.E.; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V.B.; LEITE, A.Z.; SAAD, A.R. & ETCHEBEHERE, M.L. 2009. 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*, 71: 437-452.
- PESSENDA, L.C.R.; VIDOTTO, E.; DE OLIVEIRA, P.E.; BUSO JR., A.A.; COHEN, M.C.L.; ROSSETTI, D.F.; RICARDI-BRANCO, F. & BENDASSOLLI, J.A. 2012. Late Quaternary vegetation and coastal environmental changes at Ilha do Cardoso mangrove, southeastern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 363-364: 57-68.
- RACZKA, M.F.; DE OLIVEIRA, P. E.; BUSH, M. & MCMICHAEL, C.H. 2013. Two paleoecological histories spanning the period of human settlement in southeastern Brazil. *Journal of Quaternary Science*, 28(2): 144-151.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1994. *História Ecológica da Terra*. EDUSP-Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SALINGER, M.J. & MCGLONE, M.S. 1990. *New Zealand climate: the past two million years*. New Zealand Climate Report 1990, Wellington.
- SALLUN, A.E.M.; SALLUN FILHO, W.; SUGUIO, K.; BABINSKI, M.; GIOIA, S.M. C.L.; HARLOW, B.A.; DULEBA, W.; DE OLIVEIRA, P.E.; GARCIA, M.J.; WEBER, C.Z.; CHRISTOFOLETTI, S.R.; SANTOS, C.S.; MEDEIROS, V.B.; SILVA, J.B.; SANTIAGO-HUSSEIN, M.C. & FERNANDES, R.S. 2012. Geochemical evidence of the 8.2 ka event and other Holocene environmental changes recorded in paleolagoon sediments, southeastern Brazil. *Quaternary Research*, 77: 31 - 43.
- SANTOS, R.A. 2006. *Palinoflora quaternária dos depósitos sedimentares do Vale do Rio Embu Guaçu, Bacia do Guarapiranga, Estado de São Paulo, Brasil*. Laboratório de Palinologia e Paleobotânica, UnG. Monografia de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas, 49 p.
- SANTOS, R.A. 2009. *História paleoambiental neopleistocena-holocena, do Vale do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul Estado de São Paulo, com base na análise da palinoflora*. Mestrado em Análise Geoambiental, Centro de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos, Guarulhos, SP. Dissertação de Mestrado. 113 p.
- SIQUEIRA, E. 2006. *História Ecológica da Floresta de Araucaria durante do Quaternário Tardio no setor sul da Serra da Mantiqueira: Análises Sedimentológicas e Palinológicas na região de Monte Verde (MG)*. Instituto de Geociências-USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 185 p.
- SIQUEIRA, E. 2012. *A Floresta de Araucaria em Monte Verde (MG): história sedimentológicas e isotópica desde o último glacial*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 166 p.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. & AZEVEDO, A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15: 273-286.
- STREET-PERROTT, F. A. & PERROTT, R. A. 1990. Abrupt climate fluctuations in the tropics: the influence of Atlantic Ocean circulation. *Nature*, 358: p. 607.
- TAKIYA, H. 1997. *Estudo da Sedimentação Neogênico-Quaternária no Município de São Paulo: caracterização dos depósitos e suas implicações na geologia urbana*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado, 152 p.

- THOMAS, E.R.; WOLFF, E.W.; MULVANEY, R.; STEFFENSEN, J.P.; JOHNSEN, S.J.; ARROWSMITH, C.; WHITE, J.W.C.; VAUGHN, B. & POPP, T. 2007. The 8.2 ka event from Greenland ice cores. *Quaternary Science Reviews*, 26(1–2): 70–81.
- TOSCANHA JR. 2005. A. *Ecologia e história natural da Mata Atlântica*. Rio de Janeiro: Interciência. 197 p.
- TURCQ, B.; PRESSINOTTI, M.M.N. & MARTIN, L. 1997. Paleohydrology and Paleoclimate of the Past 33,000 Years at the Tamanduá River, Central Brazil. *Quaternary Research*, 47(3): 284–294.
- VIDOTTO, E. 2008. *Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – SP durante o Quaternário tardio*. 2008. Tese de Doutorado, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 210pp.
- YBERT, J.P.; BISSA, W.M.; CATHARINO, E.L. & KUTNER, M. 2003. Environmental and sea-level variations on the southeastern Brazilian coast during the Late Holocene with comments on prehistoric human occupation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 189: 11–24.
- WENINGER, B.; ALRAM-STERN, E.; BAUER, E.; CLARE, L.; DANZEGLOCKE, U.; JÖRIS, O.; KUBATZKI, C.; ROLLEFSON, G.; TODOROVA, H. & VAN ANDEL, T. 2006. Climate forcing due to the 8200 cal yr BP event observed at Early Neolithic sites in the eastern Mediterranean. *Quaternary Research*, 66: 401–420.
- WICK, L. & TINNER, W. 1997. Vegetation changes and timberline fluctuations in the central Alps as indicators of Holocene climatic oscillations. *Arctic and Alpine Research*, 29(4): 569–595.
- WRIGHT, H.E. 1983. Late Pleistocene glaciation and climate around the Junin Plain, Central Peruvian Andes. *Geografiska Annaler*, 65A: 35–43.