



CEPPE

Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL

MICHELLE CRISTIANE SOUZA BENICIO

**RECONSTRUÇÃO AMBIENTAL DO HOLOCENO DA LAGOA
JUPARANÃ, LINHARES, ES, BRASIL, COM BASE NO REGISTRO
FÓSSIL DE ALGAS DIATOMÁCEAS**

GUARULHOS

2010



CEPPE

Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL

MICHELLE CRISTIANE SOUZA BENICIO

RECONSTRUÇÃO AMBIENTAL DO HOLOCENO DA LAGOA JUPARANÃ, LINHARES, ES, BRASIL, COM BASE NO REGISTRO FÓSSIL DE ALGAS DIATOMÁCEAS

Dissertação apresentada à Universidade de Guarulhos para a obtenção
do título de Mestre em Análise Geoambiental.

Orientador: Dr. Paulo Eduardo De Oliveira

GUARULHOS

2010

À minha mãe Ângela, pelo apoio, compreensão e paciência sem limites em todos os momentos difíceis. E ao meu filho Lucas, que mesmo sem entender, foi minha principal fonte de estímulo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre abençoar, guiar e iluminar meus passos em todos os momentos da minha vida e em qualquer atividade que eu realize.

À meus pais, pelos exemplos de luta, de perseverança e de dedicação de suas vidas a seus filhos.

À Universidade de Guarulhos, instituição onde tive a oportunidade de dar um importante passo rumo ao crescimento científico e profissional.

Ao Prof^o. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira, por toda orientação dada desde o início desta etapa de minha vida acadêmica, pelo incentivo e paciência.

Ao Dr. Cláudio Limeira de Mello da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) pela parceria e colaboração.

À Prof^a Dr. Maria Judite Garcia, chefe do Laboratório de Palinologia e Paleobotânica da Universidade de Guarulhos, por todo incentivo e apoio.

Ao Prof^o Dr. Antônio Roberto Saad, pelos sábios conselhos, pelo incentivo e pelas valiosas correções de textos científicos.

À todos os técnicos do Laboratório de Geociências e Laboratório de Palinologia e Paleobotânica da Universidade de Guarulhos, em especial à Rosana Saraiva Fernandes, Patrícia Ferreira Rosa Cardoso, Andréia Barbieri Rezende e Fábio da Costa Casado, pelo ótimo ambiente de trabalho, trocas de experiências, ajuda nas horas mais difíceis, na execução deste trabalho.

À amiga Vanda Brito de Medeiros, pelo incentivo, amizade e ajuda nas horas mais difíceis.

À todos os meus colegas e amigos da turma de mestrado 2008 e demais turmas com quem convivi, pelos momentos bons e alegres que passamos, os quais foram capazes de superar toda dificuldade.

“Nada é meramente casual

Nada nesta vida é coincidência

Tudo o que acontece tem a mão de Deus

Tudo o que acontece é providência!”

(GADU)

RESUMO

Este estudo teve como objetivo central reconstituir a história ambiental holocênica da Lagoa Juparanã, no Baixo Vale do Rio Doce, Linhares (ES), Brasil, através do emprego da análise taxonômica e quantitativa de frústulas de diatomáceas, preservadas em seus sedimentos. Entre os objetivos secundários destacam-se a avaliação da profundidade relativa da lagoa durante os últimos 7.000 anos, a determinação ou não de fases associadas à influência marinha durante o Holoceno Médio e a avaliação da relação entre a história ambiental, revelada por estudos palinológicos no mesmo testemunho sedimentar e a reconstituição ambiental sugerida pelas comunidades fossilizadas de diatomáceas. Para este estudo foi coletado, por meio de amostrador Livingstone, um testemunho de 8,33 m de comprimento sob uma coluna de água de cerca de 20 m. As amostras sedimentares foram oxidadas segundo metodologia padrão. Lâminas permanentes foram montadas em meio Naphrax. Foram contadas no mínimo 500 valvas em cada amostra e determinada sua contribuição em termos percentuais e de concentração. Foram encontrados 12 táxons, sendo que os numericamente mais representativos foram as espécies planctônicas *Aulacoseira granulata* e *Aulacoseira italica*. De forma geral, as análises sugerem, em integração com dados palinológicos, que na primeira fase da história da lagoa, por volta de 7.000 anos A.P. o clima era frio e úmido. A flora diatomácea encontrada é típica de lagos profundos com grande coluna d'água, caracterizada pelo predomínio de táxons de planctônicos. Os resultados não mostram nenhuma evidência de influência marinha desde o início da deposição dos sedimentos no Médio Holoceno. O nível de coluna d'água na Lagoa Juparanã atingiu seu máximo, provavelmente entre 2700 a 1400 anos A.P. em sintonia com outros registros paleoambientais do Sudeste Brasileiro. A diminuição abrupta de diatomáceas nos sedimentos entre 1300 anos A. P. e o Presente, é explicada tentativamente pela competição ecológica com outros grupos fitoplanctônicos ou pela limitação de silício nesse ambiente. Esse padrão de ausência de diatomáceas também é notado nas comunidades atuais da Lagoa de Juparanã, onde predominam algas cianofíceas e clorofíceas.

Palavras-chave: Diatomáceas. Juparanã. Holoceno. *Aulacoseira*. Paleoecologia

ABSTRACT

The primary objective of this study was to reconstruct the Holocene environmental history of Lagoa Juparanã, located at the Low Doce River, Linhares (ES), Brazil, by means of taxonomical and quantitative analyses of diatom frustules, preserved in its sediments. Among secondary objectives stand out an evaluation of the relative depth of the lake during the last 7,000 years, the determination or not of phases associated to marine influence during the Mid Holocene as well as the evaluation of the environmental history derived by means of pollen analysis and its relation to that given by the fossil diatom record. For this purpose a 8.33 m long sediment core was retrieved from under a 20 m water column. The sediment samples were oxidized according to standard methods. Glass slides were mounted in Naphrax medium. At least 500 diatom frustules were counted in each sample and the percent and concentration contribution of each taxon was determined. A total of 12 taxa were found and the most abundant were the planktonic species *Aulacoseira granulata* and *Aulacoseira italica*. The results suggest, in accordance to palynological analyses, that the early phase of deposition, around 7,000 years B.P., climate was cold and humid. The diatom flora found in this study is typical of deep lakes where planktonic elements predominate. The results do not show any evidence of marine influence since the onset of deposition during the Mid Holocene. High lake levels were attained during 2,700 and 1,400 years B.P. in synchrony with other paleoenvironmental records of Southeastern Brazil. The abrupt diatom decrease in the sediments from 1300 years B.P. to the Present is tentatively explained by ecological competition between phytoplanktonic groups or by silicate limitation in this environment. This pattern of reduced diatoms is also noted in the modern algal communities of Lagoa Juparanã, where cyanophycean and chlorophycean algae predominate.

Keywords: Diatoms. Juparanã. Holocene. *Aulacoseira*. Paleoecology

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. OBJETIVOS	12
3. DIATOMÁCEAS	13
3.1. Uso de algas diatomáceas como bioindicadores paleoambientais	14
3.2. Problemas associados aos estudos de diatomáceas em sedimentos	16
3.2.1. Absorção, deposição e dissolução da sílica	17
3.2.2. Substituição de diatomáceas por algas cianofíceas e/ou clorofíceas.....	18
4. ÁREA DE ESTUDO	19
4.1. Lagoa de Juparanã.....	19
4.2. Aspectos geológicos e geomorfológicos	20
4.2.1. Variação do NRM (nível relativo do mar) na costa brasileira.....	22
4.2.2. Origem do distrito lacustre de Linhares (ES).....	24
4.3. Aspectos climáticos.....	25
4.4. Aspectos vegetacionais.....	25
5. PALINOLOGIA DOS SEDIMENTOS DA LAGOA DE JUPARANÃ	27
5.1. Ecozona POL 1 (833 cm - 606 cm)	27
5.2. Ecozona POL 2 (606 cm - 525 cm)	27
5.3. Ecozona POL 3 (525 cm - 292 cm)	28
5.4. Ecozona POL 4 (292 cm -150 cm)	28
5.5. Ecozona POL 5 (150cm – 0cm).....	28
6. MATERIAIS E MÉTODOS	29
6.1. Atividades de campo.....	29
6.2. Atividades de laboratório	29
6.2.1. Descrição dos sedimentos e sub-amostragem.....	29

6.2.2. Datação ¹⁴ C e taxa de sedimentação.....	30
6.2.3. Preparação química das amostras.....	30
6.2.4. Montagem das lâminas.....	31
6.2.5. Análise taxonômica.....	31
6.2.6. Análise quantitativa.....	32
6.2.7. Representação gráfica dos resultados: diagramas de porcentagem e de concentração.....	32
6.2.8. Análise estatística e delimitação das ecozonas pelo subprograma CONISS.....	32
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
7.1. Litologia.....	34
7.2. Datação ¹⁴ C e taxa de sedimentação.....	37
7.3. Análise taxonômica.....	38
7.4. Organização sistemática.....	40
7.5. Descrição morfológica dos táxons.....	41
7.6. Descrição e discussão das ecozonas de diatomáceas.....	43
7.6.1. Zona Diatomácea 1 (833 - 677,5 cm; 7320/7170 a ca 6050 anos cal. A.P.).....	43
7.6.2. Zona Diatomácea 2 (677,5 - 357cm; ca 6050 a 3500 anos cal. A.P.).....	45
7.6.3. Zona Diatomácea 3 (357 – 282 cm; ca 3500 a 2770 anos cal. A.P.).....	46
7.6.4. Zona Diatomácea 4 (282 – 126,5 cm; ca 2770 a 1330 anos cal. A.P.).....	47
7.6.5. Zona Diatomácea 5 (126,5 – 0 cm; ca 1330 anos cal. A.P. até o presente).....	47
8. CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXO 1 – ESTAMPAS.....	62
ANEXO 2 – DADOS DE CONTAGEM.....	65

1. INTRODUÇÃO

O Quaternário é um período da história da Terra caracterizado por profundas mudanças climáticas e pela evolução acelerada do Homem (DAWSON, 1992). Os estudos referentes a este período são relativamente recentes e por isso alguns não atingiram ainda uma completa maturidade e sistematização mais definida. No Brasil, a situação é semelhante ao resto do mundo e também não apresenta uma vasta literatura (SUGUIO, 1999). Com a publicação do livro O Quaternário (SOUZA et al., 2005) tentou-se compilar os conhecimentos, disponíveis na literatura até aquela data, em diversas áreas da investigação científica como de variações climáticas, geológicas, geomorfológicas e arqueológicas do território brasileiro, principalmente do final do Pleistoceno e Holoceno.

O Quaternário é constituído por duas épocas de duração muito desigual. O mais antigo e o mais extenso denominado de Pleistoceno, que teve início por entre 1,6 a 2 milhões de anos atrás ou mais recentemente a 2,6 milhões (DAWSON, 1992; SUGUIO et al., 2005; SALGADO-LABOURIAU 1994). O mais recente, Holoceno, abrange os últimos 10 mil anos de história da Terra. Segundo aquela autora embora esta época, sob o ponto de vista geológico, possua duração muito curta, é muito importante, porque abrange o surgimento das grandes civilizações, da história escrita e representa o intervalo de tempo em que o Homem adquiriu a tecnologia mais avançada para interferir no ambiente natural.

No Quaternário ocorreram várias glaciações, ou seja, períodos frios em que geleiras estiveram em fase de expansão especialmente nas altas latitudes e em áreas bastante elevadas em ambos hemisférios. Como consequência da expansão do gelo glacial nesses locais, Suguio et al. (1985) relatam a alteração do nível relativo do mar, como demonstrado por diferentes métodos e por observação direta dos cordões litorâneos submersos, que indicam que o nível do mar abaixou entre 7 e 180 m durante a última glaciação.

Kowsmann et al. (1977) e Corrêa (1996) (apud SUGUIO, 2005) propuseram que o paleonível marinho de até -120 a -130 m ou seja, 120 a 130 metros abaixo do nível atual, representa o limite máximo de regressão, de idade pleistocênica tardia, e corresponde à fase denominada de Último Máximo Glacial (UMG), há cerca de 17.500 anos A. P.

Suguio e Martin (1978) identificaram que durante o Holoceno, paleoníveis marinhos mais altos que o atual em vários pontos da costa brasileira afetaram a morfologia da costa brasileira enquanto que Suguio et al. (1985) mostraram que o nível do mar também já esteve vários metros abaixo do atual, e que sofreu várias oscilações positivas e negativas até chegar ao nível encontrado atualmente.

Na reconstituição das condições ambientais marinhas e continentais, os microfósseis são muito importantes para identificação das fases de regressão e transgressão dos continentes. Além disso, muitos táxons desses organismos são excelentes indicadores de temperatura e de salinidade das águas dos mares no tempo em que viviam (SNOEIJIS, 2001).

Dessa forma, o estudo paleontológico com base em microfósseis permite reconhecer a origem de sedimentos antigos, por definição, se foram depositados no fundo do oceano ou se pertenciam a um lago, um pântano ou borda de continente. Entre os microfósseis identificáveis muitos organismos são provenientes do plâncton, sendo representados principalmente pelas algas diatomáceas. Entende-se como plâncton toda a biota microscópica que vive em suspensão na coluna d'água tanto doce como marinha (MOSS, 1988).

As algas diatomáceas são algas microscópicas fotossintetizadoras que possuem uma parede celular constituída de sílica e muito empregadas em estudos ambientais. A presença de diatomáceas em registros fósseis deve-se à natureza resistente de sua parede celular de sílica, que facilita a formação de depósitos denominados diatomitos (PATRICK; REIMER, 1966). Segundo Stoermer e Smol (2001), esse grupo de algas é abundante em sedimentos lacustres ou marinhos onde se depositam após viver em suspensão no plâncton.

A identificação das espécies diatomáceas tem grande importância para interpretações paleoecológicas e também na determinação da origem lacustre ou marinha dos sedimentos. Além disso, os dados referentes à abundância desses microorganismos têm o potencial de revelar as características lacustres e/ou suas alterações durante o período Quaternário, especialmente em relação à eutrofização antropogênica e acidificação da água. Outro emprego clássico de diatomáceas como bioindicadores é mostrado por estudos direcionados à reconstituição dos climas passados e das condições ambientais pretéritas nos oceanos e ecossistemas aquáticos (RUIZ-MORENO; CARREÑO, 1994; YIM; LI, 2000).

A reconstituição paleoambiental, a partir da utilização desses organismos, tem fundamental importância, pelo fato de serem estes excelentes indicadores ecológicos e por apresentarem respostas rápidas através de sua abundância e diversidade, uma vez que esses organismos variam sensivelmente em abundância, em função da variação da salinidade e da temperatura da água. Quando empregadas em conjunto com o estudo de outros organismos, como os foraminíferos e os grãos de pólen e esporo, as diatomáceas podem fornecer informações importantes para pesquisas paleoambientais que usam sedimentos coletados por sondagem (SUGUIO, 2001; BATTARBEE et al., 1999; BRADBURY, 1999; HALL e SMOL, 1999).

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo, relacionados à reconstituição da evolução ambiental holocênica da Lagoa Juparanã (ES) através do emprego da análise de diatomáceas preservadas em seus sedimentos, são apresentados a seguir:

- Analisar a relação diatomáceas planctônicas/diatomáceas perifíticas como indicadora da profundidade relativa do nível da lagoa, que por sua vez, pode permitir a inferência de climas mais úmidos ou secos;
- Determinar, através da composição florística das comunidades de diatomáceas, possíveis fases de influência marinha, especialmente durante o médio Holoceno, quando o nível relativo do mar (NRM) atingiu valores de até 6 m acima do atual;
- Comparar as interpretações paleoambientais derivadas da análise de diatomáceas com as conclusões obtidas pela análise palinológica para o mesmo testemunho estudado.

3. DIATOMÁCEAS

As diatomáceas são algas microscópicas unicelulares que vivem isoladas ou reunidas em colônias, abundantes em quase todos os ambientes aquáticos e que podem ser encontradas tanto no ambiente bentônico, associadas a diversos tipos de substratos, quanto no plâncton, onde vivem em flutuação graças a certas adaptações morfológicas que lhes garante evitar a sedimentação (PATRICK e REIMER, 1966; STOERMER e SMOL, 2001; LOBO et al., 2002).

São um dos principais grupos constituintes do fitoplâncton, que corresponde ao nível trófico primário, pois sua atividade fotossintética é o primeiro passo na fixação do carbono inorgânico em carbono orgânico particulado no ambiente aquático (LALLI; PARSONS, 1993), tornando-se responsável por 95% da produção primária na maioria desses ecossistemas (RAYMONT, 1963).

As células de diatomáceas são constituídas por uma carapaça rígida, denominada frústula, formada por sílica amorfa. A frústula é composta de duas partes denominadas valvas que se encaixam, como em uma placa de Petri. A valva superior é denominada de epivalva e a inferior de hipovalva.

A forma e a ornamentação das valvas, como pontos, estrias, alvéolos e câmaras, tipos e posições da rafe, uma estrutura correlacionada à locomoção de alguns gêneros e espécies, permitem a identificação dos táxons (PATRICK; REIMER, 1966).

Segundo Round, Crawford e Mann (1990), as diatomáceas pertencem à Divisão Bacillariophyta, e são organizadas em três classes: Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacllariophyceae.

A classe Coscinodiscophyceae caracteriza-se por apresentar células circulares, triangulares ou quadradas, ou alongadas; com simetria de padrão radial, ausência de rafe, com costa (estruturas mais densas em sílica) e septos muito raros. As vezes as células formam colônias ligadas por filamentos em zig-zag, por espinhos, muco ou quitina. São chamadas também de diatomáceas cêntricas, encontradas geralmente em flutuação no plâncton.

A classe Fragilariophyceae possui células alongadas e simétricas, com padrão bilateral, orientadas em direção a uma costela longitudinal (o esterno), como em uma pena, com ausência de rafe, costa e septos podem estar presentes, onde muitos gêneros têm fileiras de pequenos espinhos na junção da valvar e formam

colônias que se juntam na base pelo muco secretado poros apicais. Como não possuem rafe, as diatomáceas desta classe, comumente são encontradas no plâncton e, ou aderidas a um tipo de substrato que pode ser uma planta (epifiton), rocha (epiliton) ou outro (perifiton).

A classe Bacillariophyceae apresenta células alongadas e, muitas vezes, simétricas com padrão bilateral, orientada no sentido longitudinal, com rafe, onde costa e septos podem estar presentes e colônias raramente são formadas.

3.1. Uso de diatomáceas como bioindicadores paleoambientais

De acordo com Round (1983), as diatomáceas podem se depositar no fundo de ambientes marinhos e dulciaquícolas. Estudos de interpretação de paleoambientes que utilizaram, em particular, a comunidade de diatomáceas fósseis tem sido extensivamente conduzida em nível mundial, sendo consideradas uma das principais técnicas paleoecológicas para reconstituição de mudanças ambientais (DAVIS, 1989; FLOWER, 1993).

As diatomáceas são utilizadas nesses estudos devido à resistência de sua parede celular, impregnada de sílica ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), que corresponde a 60% do peso seco da célula, conferindo-lhe uma boa preservação (ROUND, CRAWFORD E MANN, 1990).

Os sedimentos ricos em diatomáceas podem se transformar numa rocha denominada “diatomito”, com espessuras variáveis. Esse mesmo autor afirma que registros mais antigos de diatomáceas fósseis datam do Jurássico e que a maior parte dos gêneros mais antigos faz parte do grupo das cêntricas, ou seja, da classe Coscinodiscophyceae. No Brasil, conforme determinado por Moreira (1975), os depósitos de diatomitos foram sedimentados no período Quaternário da Era Cenozóica. Tais sedimentos, devido à grande quantidade de valvas diatomáceas, facilitam as análises durante a identificação e contagem para interpretações paleoambientais e paleoclimáticas.

O estudo de diatomáceas fósseis também tem sido utilizado na interpretação de regiões que no passado sofreram interferência humana, bem como das modificações que ocorreram naturalmente em sistemas aquáticos (DE-OLIVEIRA, 1985).

Costa (2008) descreveu o histórico da eutrofização do Lago das Garças - SP durante o século XX com base no registro de diatomáceas em sedimentos, e

concluiu, que durante a série temporal de 107 anos, a riqueza de espécies apresentou tendência de variação semelhante à diversidade e resultou na identificação de 80 táxons (76 espécies e 4 variedades), onde, *Aulacoseira granulata* var. *granulata* foi uma das espécies mais comuns no perfil estratigráfico. E também foram registrados 47 táxons pela primeira vez para o Lago das Garças.

Por se tratar de material relativamente bem preservado, nas análises paleoecológicas, a flora diatomácea fóssil pode ser comparada com a flora recente e auxiliar na reconstituição de condições ambientais pretéritas, fato que torna válido o Princípio do Uniformitarismo/Atualismo que diz que “o presente é a chave do passado” (LYELL, 1830-1833).

Por serem abundantes em diversos habitats, as algas diatomáceas podem fornecer informações importantes sobre as exigências ambientais de seus táxons recentes. Essas são extrapoladas para os fósseis pertencentes ao mesmo táxon, como condições de pH, composição química da água, salinidade, estado trófico, profundidade, luminosidade, temperatura, grau de turbulência e de estratificação e velocidade de sedimentação (SNOEIJIS, 2001).

Segundo Moro (2002), as diatomáceas fossilizadas, com suas estruturas relativamente bem preservadas, trazem consigo uma grande quantidade de informações que podem ser resposta a eventos climáticos, geológicos e ambientais pretéritos.

Moro (1998) utilizou dados diatomológicos para relacionar as variáveis químicas, a quantidade de matéria orgânica e a densidade valvar. A fim de reconstruir o paleoambiente holocênico da Lagoa Dourada, no município de Ponta Grossa, Paraná, Sudeste do Brasil. A totalidade dos táxons encontrados nos sedimentos, foi constituída por táxons como, *Achananthes minutissima*, *Cymbella microcephala*, *Cyclotella stelligera*, *Fragilaria crotonensis*, *Gomphonema angustatum*, *Nitzschia amphibia*, *Navicula cryptocephala*, que ainda vivem naquele ambiente aquático atual. Ao analisar todo o perfil sedimentar notou-se que a riqueza de espécies foi maior nas camadas mais profundas do testemunho. A autora concluiu que a bacia foi sempre rasa, de água doce, com uma comunidade perifítica importante, com abundante suprimento de oxigênio dissolvido e altas taxas de decomposição no sedimento.

Fürstenberger (2001) estudou uma turfeira, associada à planície de inundação do rio Icatu, localizada na porção noroeste do estado da Bahia, no médio

curso do rio São Francisco. O registro de diatomáceas acumulado a partir da transição Pleistoceno/Holoceno indicou quatro mudanças principais na comunidade e no paleoambiente da região nos últimos 11.000 anos AP. A espécie *Eunotia dydima* var *gibbosa*, foi o táxon melhor representado tanto em termos de abundância quanto de dominância e as espécies abundantes foram *Fragilaria* sp., *Frustulia rhomboides* var *saxonica* e *Navicula cruciger*.

Hussein (2004) realizou a reconstrução paleoambiental do Holoceno da Lagoa Olho d'Água em Recife Pernambuco, através da análise diatomológica. Seus estudos indicaram a presença de variações ambientais controladas por alterações do nível relativo do mar durante os últimos 7.000 anos. Durante momentos de elevação do nível do mar a autora encontrou altos valores de concentração, porcentagem de táxons marinhos, principalmente de *Melosira sulcata*. Segundo a autora, os dados obtidos confirmam as previsões estabelecidas por Suguio et al. (1985) e Suguio (1999) para a variação do nível do mar e se mostraram compatíveis com a curva elaborada por esses autores para o setor costeiro de Salvador, Bahia.

Vidotto (2008) fez a reconstituição paleoambiental, ou seja, vegetação e clima, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso São Paulo, durante o Pleistoceno Tardio, com o emprego da análise de isótopos de Carbono em amostras de solo e análises de diatomáceas e pólen em sedimentos de mangue. O resultado encontrado a partir da análise de amostras do manguezal do Sítio Grande permitiu reconhecer três ecozonas principais com grande predomínio de táxons marinhos (~75%), caracterizado como estuário-lagunar. No manguezal do Rio Jacariu foram reconhecidas 4 ecozonas com predomínio dos representantes marinhos.

Amaral (2008) fez uma análise da evolução da sedimentação lagunar holocênica da região de Jaguaruna Santa Catarina, com base na abordagem sedimentológica e micropaleontológica integrada. A autora concluiu que as variações nas assembléias de diatomáceas indicam pelo menos dois períodos de mudanças maiores na salinidade da paleolaguna, o que demonstra juntamente com a análise de outros fatores, que a dinâmica sedimentar deve ser a maior responsável pelas mudanças observadas relacionadas a progradação costeira.

3.2. Problemas associados aos estudos de diatomáceas em sedimentos

Embora os diatomitos sejam usados como excelentes indicadores da alta estabilidade da valva diatomáceas (LISITZIN, 1971), invariavelmente, muitos

sedimentos lacustres são pobres em restos desses organismos o que gera uma dificuldade na interpretação paleoambiental. Werner (1977) faz uma ampla análise dos fatores que podem explicar a dissolução de valvas diatomáceas em amostras de plâncton ou sedimentares. Neste estudo, são apresentados a seguir, os dois fatores principais que podem contribuir com a ausência ou diminuição dessas algas em ecossistemas aquáticos.

3.2.1. Absorção, deposição e dissolução da sílica

O silício é, depois do oxigênio, o elemento mais abundante na crosta terrestre, mas a maioria não está disponível para os organismos, estando presos em formas relativamente insolúveis em rochas e depósitos subaquáticos. Na maioria dos ambientes úmidos ou aquáticos, onde as diatomáceas vivem as principais formas de silício é encontrada na solução do ácido Si(OH)_4 (PAASCHE, 1980).

Segundo Round, Crawford e Mann (1990) a absorção deste nutriente pelas diatomáceas pode às vezes ser tão eficiente que o silício pode se tornar indetectável dissolvido na água, quando são utilizadas técnicas padrão de análise da água. As populações desenvolvidas durante a época de abundância frequentemente diminuem rapidamente, e outras algas, não limitadas por silicatos, tornam-se dominantes. Em algumas situações, por exemplo, em águas enriquecidas por sílica há uma contínua reposição de ácido silícico e as sucessões de espécies devem ser causadas por outros fatores além da limitação pelo silicato.

Em diatomáceas, ácido silícico não é absorvido a uma taxa constante ao longo do ciclo celular, sendo absorvido muito mais rapidamente durante a formação de novas válvulas e elementos do cíngulo. A absorção através da plasmalema é um processo ativo mediado por carreador obedecendo à cinética de Michaelis-Menten (PAASCHE, 1980; SULLIVAN e VOLCANI, 1981).

O silício é claramente necessário para diatomáceas porque está envolvido de alguma forma com uma variedade de processos metabólicos. Na ausência de silicato a divisão celular cessa, proteínas, DNA, clorofila e síntese de carotenóides é inibida, a fotossíntese e a glicólise são reduzidos (Werner, 1978) e síntese de lipídios é aumentada e alterada (TAGUCHI et al, 1987; ROESSLER, 1988).

Quanto à dissolução da sílica das valvas diatomáceas, Bradbury et al. (1981) sugerem que fatores como alto pH podem explicar a dissolução. Outros autores como Bush et al. (1992), Riedinger (1993) interpretam a ausência de

diatomáceas em sedimentos como consequência da oxidação, promovida pela sua exposição.

3.2.2. Substituição de diatomáceas por algas cianofíceas e/ou clorofíceas

Segundo Smol et al. (1994) a abundância de diatomáceas planctônicas é maior em colunas de água em circulação enquanto que algas cianofíceas e clorofíceas são mais abundantes em águas estratificadas. Segundo Martins e Fernandes (2007), decréscimos na contribuição de cianofíceas são compensados por aumento na contribuição relativa de diatomáceas, em condições atuais na Lagoa de Juparanã, mas os autores não explicam os mecanismos possivelmente envolvidos nesse processo. A substituição de comunidades de diatomáceas em função do predomínio de algas cianofíceas e clorofíceas foi utilizada por Fernandes (1999) para explicar a alternância dessas algas em sedimentos holocênicos do Lago Dom Helvetio em Minas Gerais.

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1. Lagoa Juparanã

Segundo Hatushika et al. (2005), a Lagoa de Juparanã é considerada uma das maiores lagoas de água doce do Brasil, uma vez que possui 25 km de extensão. Ela localiza-se no setor centro/norte do Estado do Espírito Santo, no município de Linhares, a 152 km da capital Vitória. Seu setor norte tem as coordenadas geográficas $19^{\circ}10'05''\text{S}$ e $40^{\circ}11'40''\text{W}$ enquanto que o seu ponto extremo sul é delimitado pelas coordenadas $19^{\circ}21'54''\text{S}$ e $40^{\circ}05'49''\text{W}$ (Fig. 1).

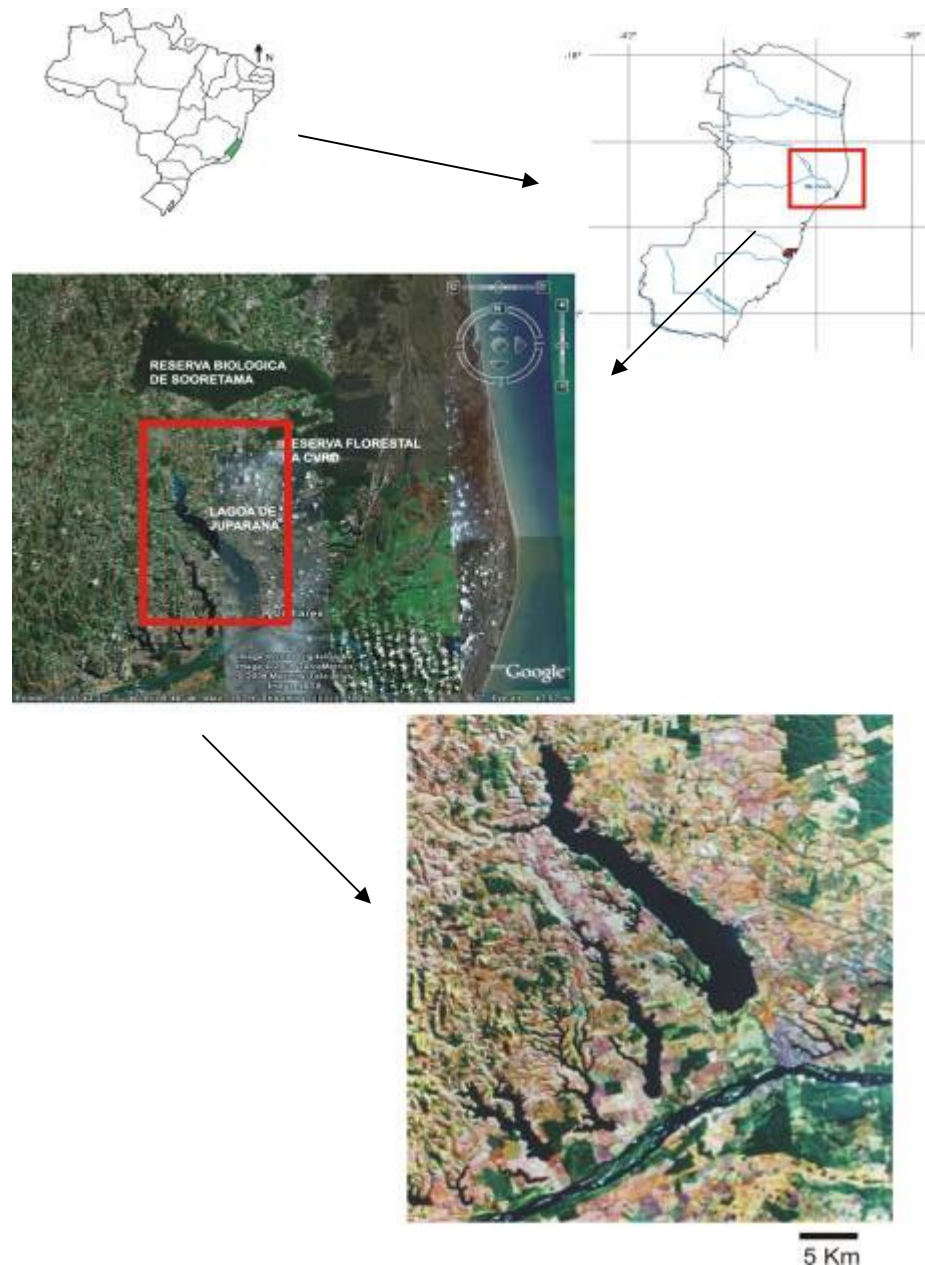
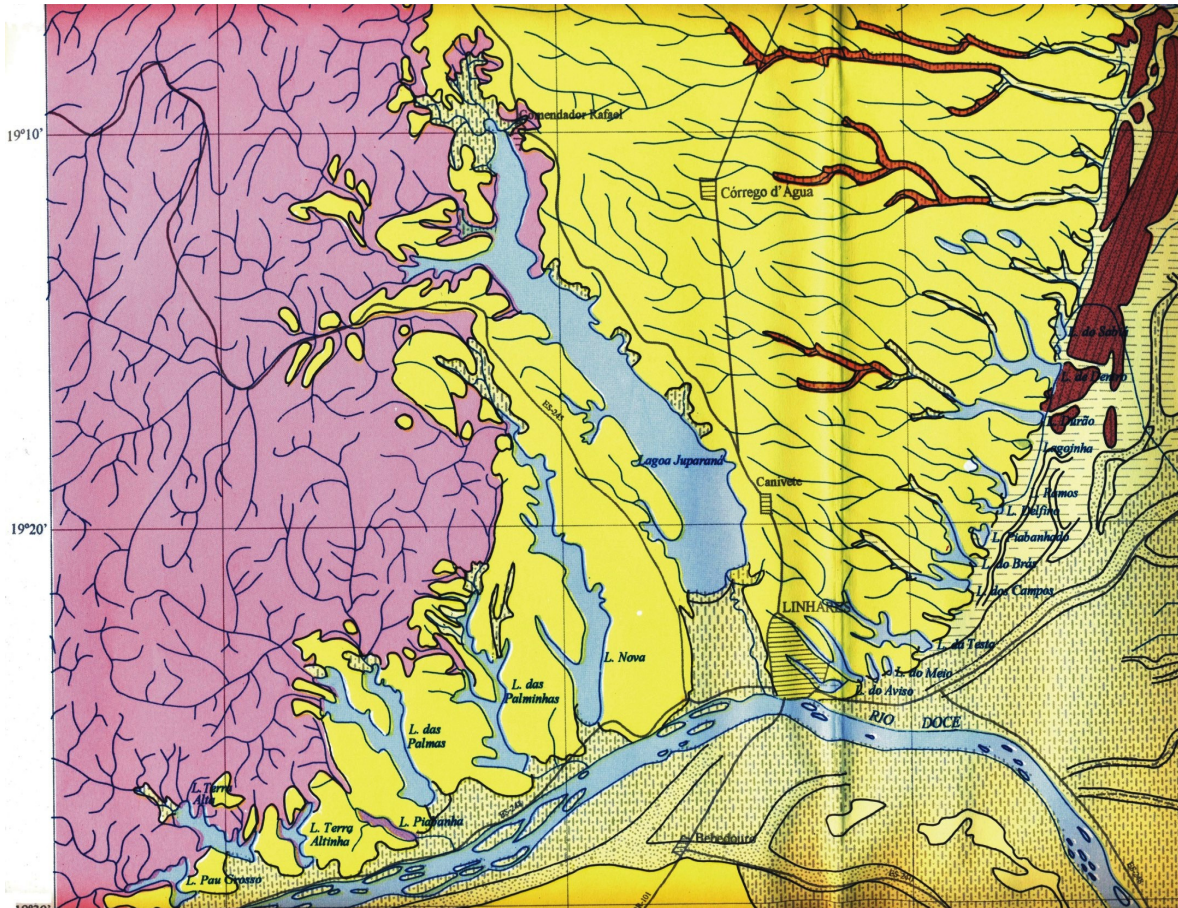


Figura 1 – Localização da Lagoa de Juparanã, Linhares – ES.

4.2. Aspectos geológicos e geomorfológicos

A Lagoa de Juparanã, localizada na região do baixo curso do rio Doce, no centro-norte do Estado do Espírito Santo, está inserida em um conjunto lacustre composto por dezenas de lagos barrados, distribuídos em domínios geomorfológicos distintos, de acordo com Hatushika et al. (2005). Estes corpos lacustres podem ser agrupados em lagos internos e lagos externos (Fig. 2).



FORMAÇÕES QUATERNÁRIAS

A cartografia das formações quaternárias é o resultado da superposição de vários tipos de informações

A) CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DOS SEDIMENTOS

- Areias marinhas litorâneas bem selecionadas. As de idade pleistocênica podem apresentar uma coloração escura em consequência da presença de matéria orgânica de origem secundária que lhes confere uma certa coesão.
- Sedimentos lacustres ou de fundo de baía indiferenciados (areias e argila). Podem conter conchas de moluscos em quantidades variáveis. Frequentemente esses sedimentos estão recobertos por uma camada turfosa.
- Sedimentos lacustres arenosos.
- Sedimentos argilo-arenos, ricos em matéria orgânica dos mangues atuais.
- Sedimentos continentais: aluviões e coluviões. Na foz do Rio Doce as aluviões transportadas pelo rio, edificaram um importante delta intralagunar.
- Sedimentos arenosos de paleocanais (delta intralagunar do Rio Doce).
- Sedimentos indiferenciados de lagos e pântanos, ricos em matéria orgânica.

B) ASPECTO MORFOLÓGICO DA SUPERFÍCIE DOS DEPÓSITOS ARENOSOS

- Alinhamentos de antigos cordões litorâneos.

C) IDADE DOS DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS

- Holoceno
- Pleistoceno (120.000 anos B.P.)
- Quaternário indiferenciado (continental)

FORMAÇÕES PRÉ - QUATERNÁRIAS

- Plioceno (Formação Barreiras)
- Pré-cambriano

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- contato definido
- contato inferido
- BR afloramento de arenitos de praia

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- CIDADE
- Vila
- Povoado
- Estrada de rodagem
- Estrada de ferro
- Curso de água permanente
- Lagoa permanente

Figura 2 – Mapa geológico da região do baixo Rio Doce (MARTIN et al., 1997).

Os lagos externos possuem cerca de 1 a 10 km de comprimento, e estão localizados entre o platô terciário e a planície costeira quaternária. Os lagos internos, de maiores dimensões, estão presentes sobre os tabuleiros da Formação Barreiras, preferencialmente na margem esquerda do rio Doce, sendo limitados pela planície aluvial deste rio (HATUSHIKA et al., 2005).

Dentre os lagos internos, a Lagoa Juparanã se destaca devido à extensão, com cerca de 25 km de comprimento, e pela linearidade de suas margens que possuem um proeminente estrangulamento em sua porção norte, próximo à Ilha do Imperador. Os lagos desse distrito lacustre são denominados de “lagos barrados” que ocupam vales escavados nos depósitos da Formação Barreiras. Parte destes lagos é limitada, a oeste, por rochas do embasamento pré-cambriano, que definem um elevado compartimento de colinas e serras na região. As rochas do embasamento afloram no interior do lago Juparanã, na ilha do Imperador (MARTIN et al., 1997; HATUSHIKA et al., 2007).

Recentemente, Hatushika, Silva e Mello (2007) elaboraram um estudo sismoestratigráfico de alta resolução na Lagoa Juparanã, cujos resultados alcançados permitiram discutir sobre a origem e a evolução do sistema de lagos presentes na área de estudo, ao longo do Quaternário. Segundo esses autores, duas sismoseqüências foram identificadas. A primeira, mais antiga, denominada de A, foi associada a depósitos aluviais holocênicos; a segunda, B mais recente foi interpretada como pertencente à fase lacustre, distribuída de modo irregular na área, em três diferentes depocentros. Seus limites são relativamente abruptos, o que sugere possíveis controles neotectônicos na evolução da Lagoa de Juparanã.

A sondagem estudada, muito provavelmente pertence à sismoseqüência B, na qual predominam duas sismo fácies Sp e Sb. Suas configurações estão associadas a sedimentos argilo-siltosos formados por decantação de partículas finas e à bolsões de gás aprisionados entre as camadas argilo-siltosa, respectivamente (HATUSHIKA; SILVA; MELLO, 2007)

Entre as outras hipóteses propostas para a gênese da Lagoa de Juparanã, destaca-se a influência da variação do NRM durante o Holoceno na costa brasileira.

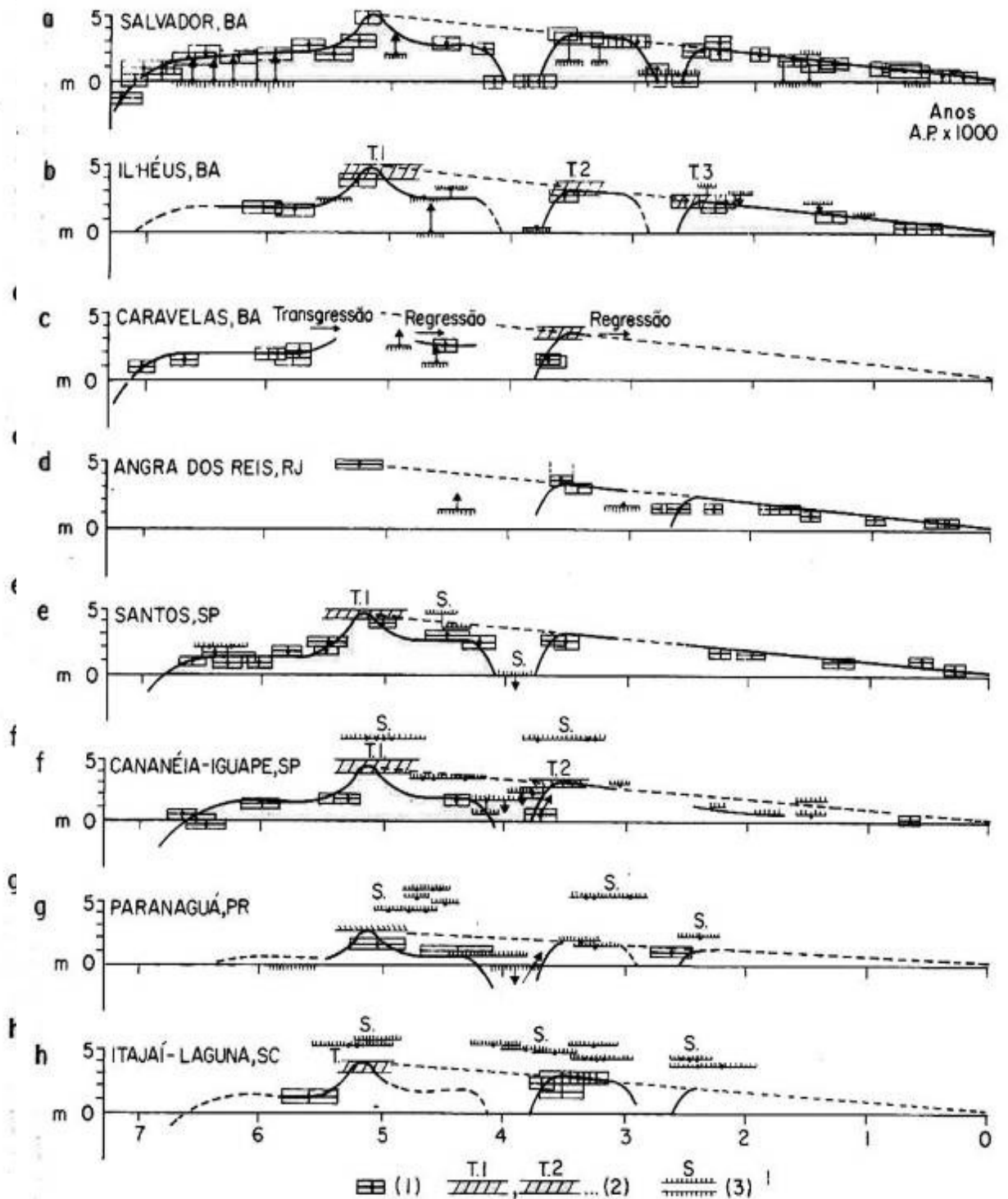
4.2.1. *Varição do NRM (Nível Relativo do Mar) na costa Brasileira*

Suguio e Martin (1978) afirmaram que níveis marinhos mais altos que o atual, ocorreram durante o Holoceno em vários pontos da costa brasileira. Com base nos dados de diversos tipos de indicadores do paleonível do mar, Suguio et al (1985) elaboraram oito curvas de variação do nível relativo do mar para os últimos 7.000 anos (Fig.3).

Suguio et al. (1985) também mostraram que naquela época o nível marinho estava vários metros abaixo do atual (oscilações negativas). Segundo esses autores a elevação contínua teve o seu máximo por volta de 5.500 anos A.P., seguido de um decréscimo até cerca de 4.000 anos AP, seguido de uma nova elevação e queda até chegar ao nível atual. Entre as várias conseqüências dessas oscilações do nível marinho está a erosão acelerada de falésias e praias, a formação de lagos, assim como o impacto nos ecossistemas costeiros (SUGUIO et al., 2005).

Essas flutuações foram pesquisadas no Brasil com a utilização de indicadores geológico-geomorfológicos, biológicos e pré-históricos (MARTIN et al., 1987; SUGUIO, 1999; BARRETO et al., 2002), datados por ^{14}C em mais de 500 amostras. Segundo esses autores, o ápice das oscilações no médio Holoceno é denominado de “Transgressão Santos”, que atingiu o sopé da Serra do Mar (SUGUIO; MARTIN, 1978a). A subsequente queda do nível marinho teria propiciado a exposição da planície costeira, que foi recoberta por cristas praias holocênicas regressivas. O paleonível marinho mais alto que o atual foi intercalado por duas prováveis oscilações negativas, que ocorreram há ± 4.000 e há 3.000 anos A.P.

Segundo Suguio e Kohler (1992), com base em dados de sondagem descritos por Bandeira Jr et al. (1975), os lagos situados no baixo curso do rio Doce teriam sido formados após o Máximo da Última Transgressão (5.100 anos AP). Esses autores consideraram que antigos vales fluviais foram fortemente dissecados durante o clímax da última glaciação (período entre 18.000 e 15.000 anos AP), sendo posteriormente afogados devido à subida do nível do mar no Holoceno, o que deu origem aos estuários. A fase regressiva subsequente resultou na colmatação destes vales por sedimentos lamosos, que, de acordo com Suguio e Kohler (1992), propiciaram a barragem dos lagos.



(1) Reconstrução de níveis marinhos pretéritos, (2) Terraços de construção marinha, (3) Idades de sambaquis

Figura 3 – Oscilações positivas e negativas do nível do mar durante os últimos 7.000 anos (SUGUIO et al., 1985).

4.2.2. Origem do distrito lacustre de Linhares (ES)

Hatushika (2005) e Hatushika et al. (2005; 2007) consideram a atuação de movimentações neotectônicas como responsável pela estruturação do relevo na região e, junto às variações do nível do mar ao longo do Quaternário, possível condicionante na barragem do lago Juparanã e dos demais lagos internos. Mello et al. (2005a; b) apontaram atuação dessas estruturas neotectônicas na configuração da rede de drenagem, marcada por expressivos desvios e capturas fluviais (Fig. 4).

Por outro lado, a profundidade de algumas lagoas é superior a 40 metros o que sugere, também que esse processo só poderia ocorrer quando o nível de base marinho estivesse cerca de 100 metros abaixo do atual durante o Pleistoceno Tardio. Dessa forma, a gênese das lagoas estariam diretamente associadas ao período do UMG, o que em tese descartaria a hipótese do controle tectônico.

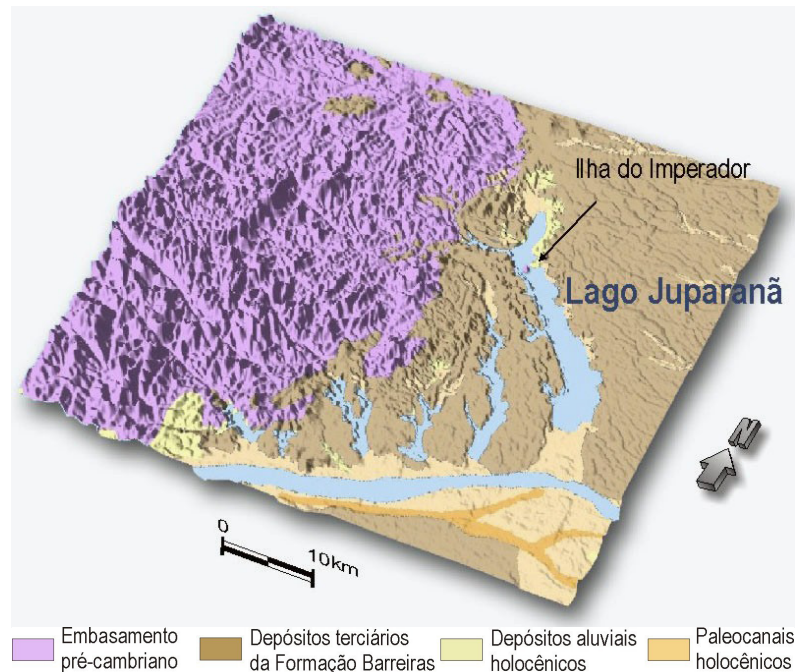


Figura 4 – Modelo digital da região dos lagos internos, sobreposto ao mapa geológico (CPRM, 2001), com destaque para o embasamento cristalino pré-cambriano fortemente estruturado, limitando a cabeceira dos lagos internos, vindo a aflorar na ilha do Imperador, no interior da lagoa Juparanã (HATUSHIKA, et al., 2005).

4.3. Aspectos climáticos

O clima da região da Lagoa de Juparanã é classificado como tropical úmido, caracterizado por uma marcante sazonalidade, mantida por uma estação bastante úmida, no verão, e outra menos úmida ou seca, nos meses de inverno. A temperatura média do mês menos quente, em geral, fica acima de 18°C. Dessa forma, o clima predominante é classificado como pertencente ao tipo Aw do sistema de Köppen, e a precipitação média anual oscila entre 1.178 mm e 1.300 mm (GARAY; RIZZINI, 2004; RADAMBRASIL, 1987).

4.4. Aspectos vegetacionais

A alta taxa de precipitação local mantém a vegetação primitiva da região que é composta principalmente por floresta tropical Atlântica, presentes na Reserva Biológica de Sooretama e na Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce (Fig. 5). Esses são os mais expressivos fragmentos florestais na região do entorno da Lagoa de Juparanã, e são considerados exemplos da vegetação classificada como Floresta Alta de Terra Firme por Heinsdijk et al. (1985); como Floresta Ombrófila de Terras Baixas pelo Radambrasil (1987); como Floresta Ombrófila Semi-Decídua por Jesus (1988); e como Floresta de Tabuleiros por Garay e Rizzini (2004).



Figura 5 – Localização das Reservas Biológica de Sooretama e da Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce, no norte do Espírito Santo em relação à Lagoa de Juparanã.

Segundo Garay e Rizzini (2004), a mata alta, característica da região de estudo, encontra-se sobre solos pobres e profundos da Formação Barreiras, sujeitos ao intemperismo prolongado, característico de áreas sob clima tropical úmido. As famílias botânicas predominantes são Leguminosae, Myrtaceae e Sapotaceae. Em relação ao componente amazônico dessa flora, os autores citam espécies pertencentes às famílias Rutaceae, Anacardiaceae, Lecythidaceae, Flacourtiaceae, Apocynaceae, Burseraceae e Lauraceae.

Entre as diferentes fisionomias florestais encontradas na região da Lagoa Juparanã, destacam-se a capoeira (floresta sucessional), a mata alta e a mata ciliar, que contorna as drenagens.

5. PALINOLOGIA DOS SEDIMENTOS DA LAGOA DE JUPARANÃ

O testemunho J1, analisado neste estudo, teve o seu conteúdo palinológico estudado por Nascimento (2010), que identificou cinco ecozonas, que são descritas sucintamente abaixo:

5.1. Ecozona POL 1 (833 cm – 606 cm)

Esta ecozona é caracterizada pela presença de pólen de elementos arbóreos pertencentes à Floresta Ombrófila Densa, que apresentam valores entre 77% a 87% da soma total polínica, o que caracteriza uma mata fechada com árvores de alto porte, como encontradas atualmente na região do norte do atual Estado do Espírito Santo. Em termos paleoclimáticos a presença em alta concentração de *Podocarpus*, *Hedyosmum*, *Ilex*, *Myrsine*, *Lamanonia*, Melastomataceae, Myrtaceae e *Symplocos* sugere uma floresta fria e úmida, uma vez que a maioria desses táxons são tipicamente encontrados nas matas da região Sul e nas altas elevações da região Sudeste (JOLY, 1998; DE OLIVEIRA, 1992; GARCIA et al. 2004; DE OLIVEIRA et al., 2005; PESSENDA et al. 2009).

A interpretação paleoambiental de Nascimento (2010) para a zona POL1 é de uma vegetação de Floresta Atlântica fria e úmida ao redor da área de coleta, que representaria um lago profundo com as margens recobertas por gramíneas e outras ervas aquáticas com uma possível transição para climas menos úmidos no final desse período.

5.2. Ecozona POL 2 (606 cm – 525 cm)

Esta zona apresenta o retorno dos elementos de floresta tropical densa e fechada, sob clima um pouco mais quente e úmido que a zona anterior, devido à ausência ou diminuição de alguns táxons florestais de clima frio como *Podocarpus*, *Hedyosmum* e *Symplocos*. O espectro polínico também é indicativo de algum tipo de perturbação da floresta nativa, uma vez que são elementos típicos de florestas em estágio de sucessão ecológica, instalada após algum tipo de abertura ou perturbação como, por exemplo, a formação de clareiras naturais ou de origem antrópica.

5.3. Ecozona POL 3 (525 cm – 292 cm)

O espectro polínico da zona POL 3 mostra que os elementos arbóreos continuam constantes, mas indicativos de vegetação do tipo Mata Atlântica mais aberta devido à maior concentração de táxons pioneiros e a elevação na concentração de pólen de palmeiras no final desta zona, com um clima úmido e quente.

5.4. Ecozona POL 4 (292 cm – 150 cm)

Nesta zona ocorre uma oscilação de elementos arbóreos entre os valores mínimos de 86% e máximos de 92% da soma total de pólen. Os diagramas polínicos de concentração mostram dois momentos quando os elementos arbóreos teriam atingido seu máximo durante o período deposicional desta ecozona e esta vegetação teria atingido sua maior diversidade de táxons de floresta fechada. As ervas aquáticas apresentam um acréscimo dos tipos *Cyperaceae* (5%) e *Lentibulariaceae* (2%) junto com as algas do tipo *Pediastrum* o que sugere um aumento na umidade e nível d'água da lagoa.

O aumento, na fase final desta ecozona, de *Podocarpus*, *Myrtaceae*, *Myrsine*, *Sebastiania*, *Hedyosmum*, *Ilex* e *Lamanonia* indicam clima relativamente úmido e frio. Durante essa fase nota-se uma redução no número de algas do tipo *Pediastrum*.

5.5. Ecozona POL 5 (150cm – 0cm)

Esta mostra a presença de elementos arbóreos que variam de 84% a 86% com características de floresta ombrófila densa com um clima úmido e quente com algumas perturbações devido à presença abundante e contínua de *Cecropia*. Este táxon arbóreo é bastante freqüente em áreas afetadas por algum tipo de distúrbio que cause a abertura de clareiras dentro do ambiente florestal. As algas do gênero *Pediastrum* aumentam em concentração drasticamente no final desta zona. Por ser um táxon estritamente planctônico e típico de águas profundas, o aumento na concentração deste táxon sugere um aumento no nível d'água da lagoa Juparanã nesta fase.

Em síntese, os dados percentuais e de concentração refletem uma vegetação típica a Floresta Ombrófila Densa após um clima frio e um conseqüente aumento na temperatura favorecendo os elementos de clima quente e úmido.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Atividades de campo

Sedimentos lacustres foram amostrados na Lagoa de Juparanã em maio de 2006. Foram realizadas seis perfurações com amostrador de Livingstone–Colinvaux (COLINVAUX et al 1999) em pontos distintos da lagoa. Depois da abertura e sub-amostragem dos sedimentos no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da UFRJ, o testemunho J-1 com 9 metros de comprimento (Fig. 6), foi escolhido para o estudo, uma vez que foi retirado do setor mais profundo da lagoa, onde a profundidade é de 20 metros de coluna d'água e por apresentar uma sequência completa de sedimentação quando comparado com os outros

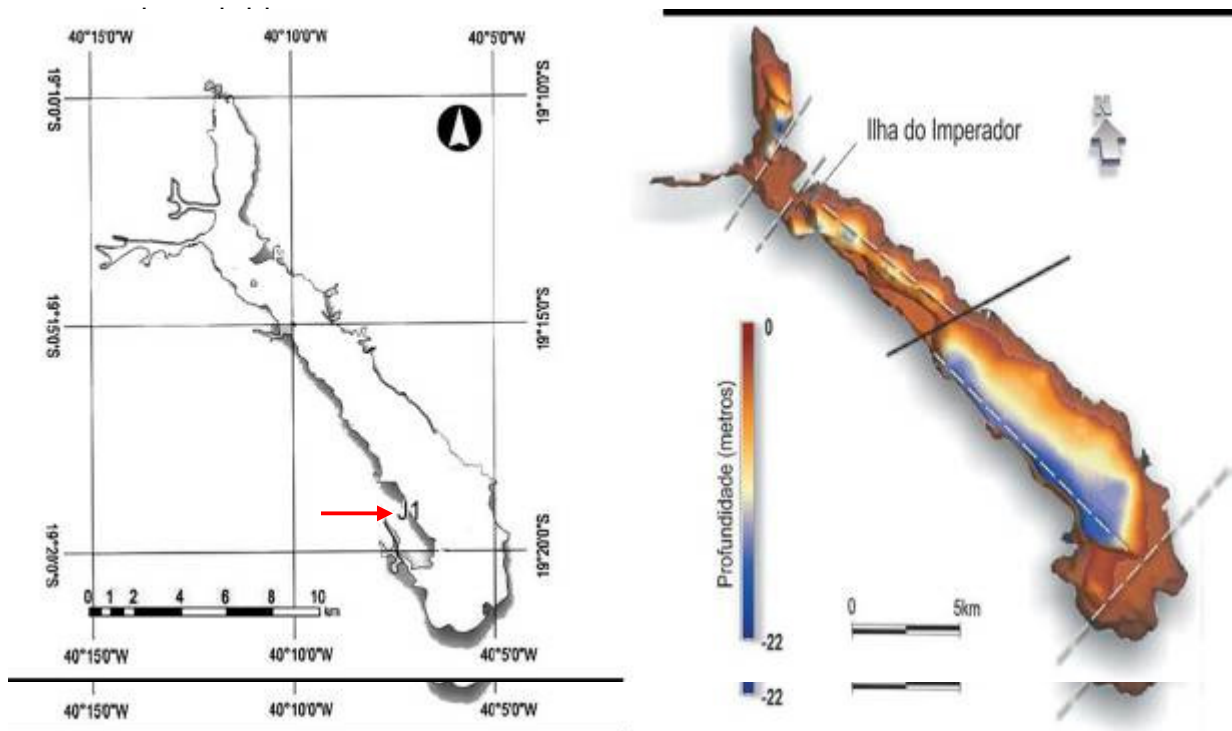


Figura 6 – Ponto de coleta J–1, local de maior profundidade da Lagoa de Juparanã. (modificado de HATUSHIKA et al., 2007).

6.2. Atividades de laboratório

6.2.1. Descrição dos sedimentos e sub amostragem

A litologia foi descrita segundo a textura e coloração. Para a determinação das cores empregou-se a Tabela de Munsell para sedimentos.

Para as análises de diatomáceas os sedimentos foram sub-amostrados em pastilhas de 1cm³ em intervalos de 20 cm.

6.2.2. Datação ^{14}C dos sedimentos e taxa de sedimentação

Para a datação radiocarbônica foram selecionadas amostras ricas em matéria orgânica, da coluna sedimentar do testemunho J-1, pelos pesquisadores do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Estas amostras foram enviadas para Laboratório Beta Analytic, em Miami, EUA.

Os níveis amostrados para este fim foram 78,5 cm; 171,5 cm, 452 a 457 cm, 707,5 a 717,5 cm e 833 cm. Os dados de datação foram empregados na determinação das taxas de sedimentação, ou seja, a determinação da espessura depositada em função de um intervalo de tempo. Emprega-se neste caso o pressuposto que a taxa é constante, o que é improvável, contudo segundo Suguio (1998) a determinação de valores médios da taxa de sedimentação auxilia a melhor compreensão dos processos que atuam na superfície da paisagem.

6.2.3. Preparação química das amostras

A metodologia utilizada para a extração de diatomáceas dos sedimentos da Lagoa de Juparanã está descrita em Batterbe (1986). Inicialmente as amostras foram acondicionadas secas, em sacos plásticos, lacrados com fita crepe, devidamente etiquetados com o número da sondagem e da área, armazenados a temperatura de cerca de 8°C até o momento da preparação. Para o processamento químico foram retiradas posteriormente amostras de 1 cm^3 de cada amostra e depositados em beakers de 500 mL.

Adicionou-se, em seguida, 250 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 30 volumes, para digestão do conteúdo orgânico de modo que só restassem apenas as partes inorgânicas das amostras como os materiais constituídos sílica como as valvas diatomáceas e outros microrestos.

As 48 amostras separadas para o estudo foram levadas para a estufa calibrada com 40°C por 24 h para acelerar a dissolução dos elementos orgânicos. Passado esse tempo, as amostras foram retiradas da estufa para o seu resfriamento. Em seguida adicionou-se água destilada até completar 500 mL.

Após a decantação dos sedimentos por um período de 24 h, foi retirado o excesso de líquido, e posteriormente adicionado água destilada até completar 500 mL. Esta etapa de lavagem foi repetida cinco dias consecutivos. Após a quinta lavagem, retirou-se o excesso de água de cada amostra e estas foram transferidas para tubos de vidro de 5 mL mantidos em refrigeração.

6.2.4. Montagem das lâminas para microscopia

Foram montadas 5 lâminas permanentes de cada amostra. Inicialmente foram colocadas 5 lamínulas em uma chapa pré-aquecida modelo Type 1000 stir plate – Thermolyne. Em cada lamínula gotejou-se água destilada, afim de formar uma película de água. Adicionaram-se 80 μ L do resíduo mineral de cada amostra, evitando que o líquido transbordasse o limite da lamínula. Ao evaporar uma parcela do conteúdo líquido de cada lamínula, adicionou-se uma gota de álcool etílico 96° GL para que este desagregasse as frústulas diatomáceas para permitir uma melhor visualização ao microscópio óptico.

Depois de evaporar completamente todo o líquido contido nas lamínulas, adicionou-se 3 gotas da resina Naphrax (índice de refração 1,73) em cada lâmina. Inverteu-se a lamínula sobre a lâmina (Fig. 7). Esperou-se por uma semana para que a resina secasse por completo. As lâminas foram então etiquetadas e encontram-se depositadas no arquivo de lâminas do Laboratório de Palinologia e Paleobotânica da UnG.



Figura 7 – Etapas de montagem das lâminas permanentes.

6.2.5. Análise taxonômica

Os táxons de diatomáceas encontradas no estudo foram identificados em níveis específicos, quando possível, através da consulta de obras tradicionais de

taxonomia diatomológica como Cunha e Eskinazi-Leça (1990), Patrick e Reimer (1966, 1975), Round, Crawford e Mann (1990). Neste estudo adotou-se o sistema taxonômico empregado em Round, Crawford e Mann (1990).

A análise foi realizada em dois microscópios, sendo o microscópio óptico Olympus BX51 acoplado com a câmera digital Olympus Q-Color 3 e o microscópio óptico Leitz Ortholux II.

6.2.6. Análise quantitativa

A quantificação dos táxons de diatomáceas foi realizada segundo a metodologia encontrada em Battarbee (1986) expressa pela seguinte expressão matemática:

$$N = \frac{NT \times AL}{T \times AT} / V$$

onde:

N = densidade total de valvas em mL;

NT = número total de valvas contadas em todos os transectos;

AL = área total constante da lamínula (24x32 mm) ou (768 mm²);

T = número de transectos verticais contados;

AT = área do transecto; ou seja, o diâmetro dos campos de visão, ao microscópio, medidos com o auxílio de uma lâmina micrometrada, multiplicado pelo comprimento do transecto

V = volume constante da amostra de 0,08 mL.

6.2.7. Representação gráfica dos resultados: diagramas de porcentagem e concentração

Os resultados obtidos das contagens foram inseridos no programa Tilia/TiliaGraph (GRIMM 1990) que converte os dados brutos em percentuais e os representa graficamente de acordo com sua ocorrência ao longo da coluna sedimentar. Os dados de concentração foram inseridos nesse programa para sua representação gráfica. Os dados brutos encontram-se no Anexo 2.

6.2.8. Análise estatística e delimitação pelo subprograma CONISS

Após a representação gráfica, será realizada a separação das zonas ecológicas através de uma análise estatística (soma incremental dos quadrados e distância euclidiana) do programa CONISS (GRIMM, 1987) através da seleção prévia dos táxons numérica e ecologicamente mais significativos neste estudo. As ecozonas estabelecidas sugerem momentos em que houve uma variação nas comunidades estudadas e que podem servir de guia para a identificação de alterações paleoambientais.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Litologia

A litologia do testemunho obtido no ponto J-1 na Lagoa de Juparanã, apresentada nas figuras 8 e 9, foi descrita de acordo com sua granulação e coloração. De forma geral, os sedimentos são caracterizados pela presença de argila cinza que varia entre tons de oliva. Nota-se a total ausência de areia e sedimentos grossos e em alguns locais identificou-se a presença de restos vegetais, de onde foram retiradas amostras para a datação.

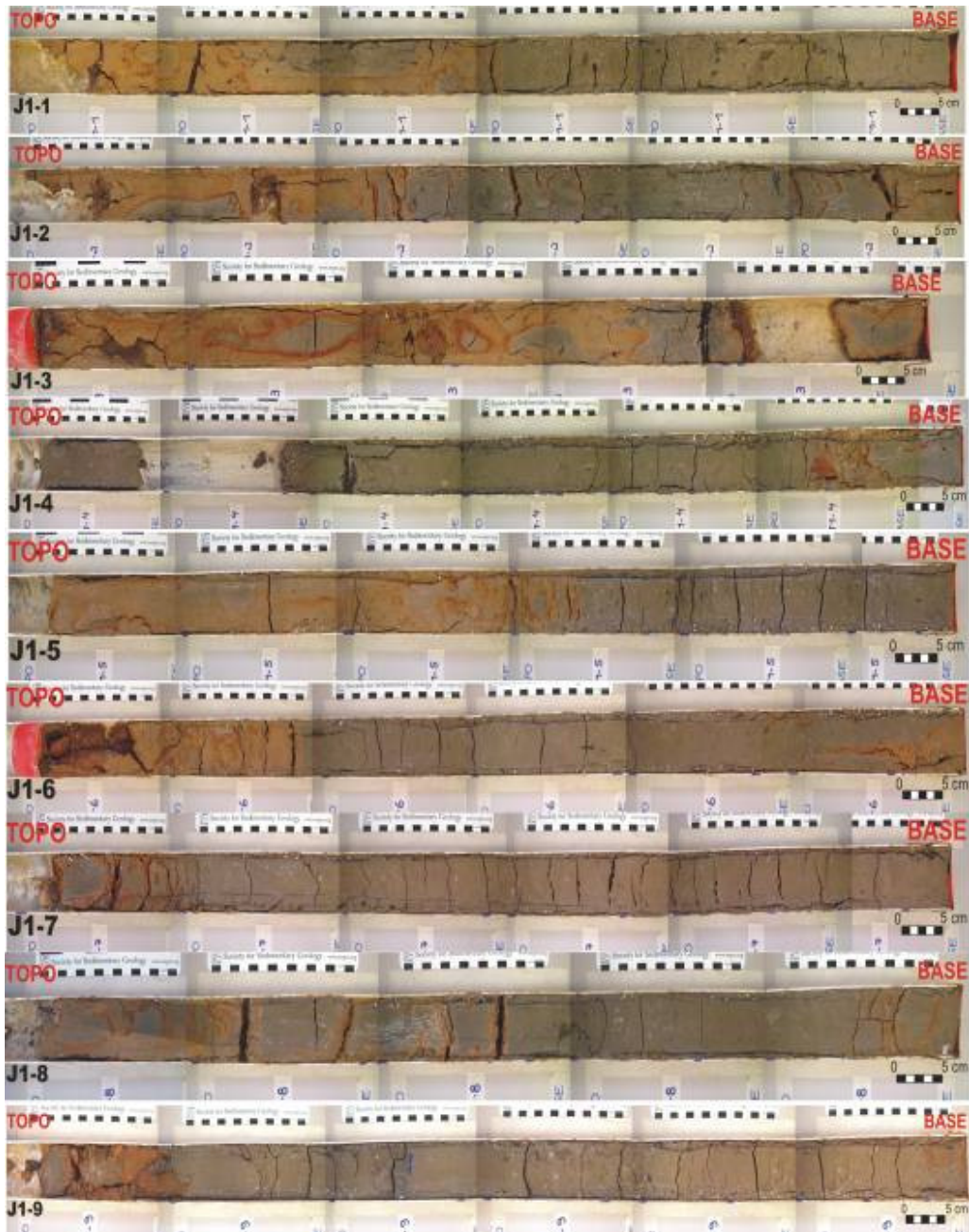


Figura 8 – Testemunho de sondagem do ponto de coleta J-1.

O perfil estratigráfico do testemunho J-1 foi descrito metro a metro de acordo com os dados mostrados na figura 9.

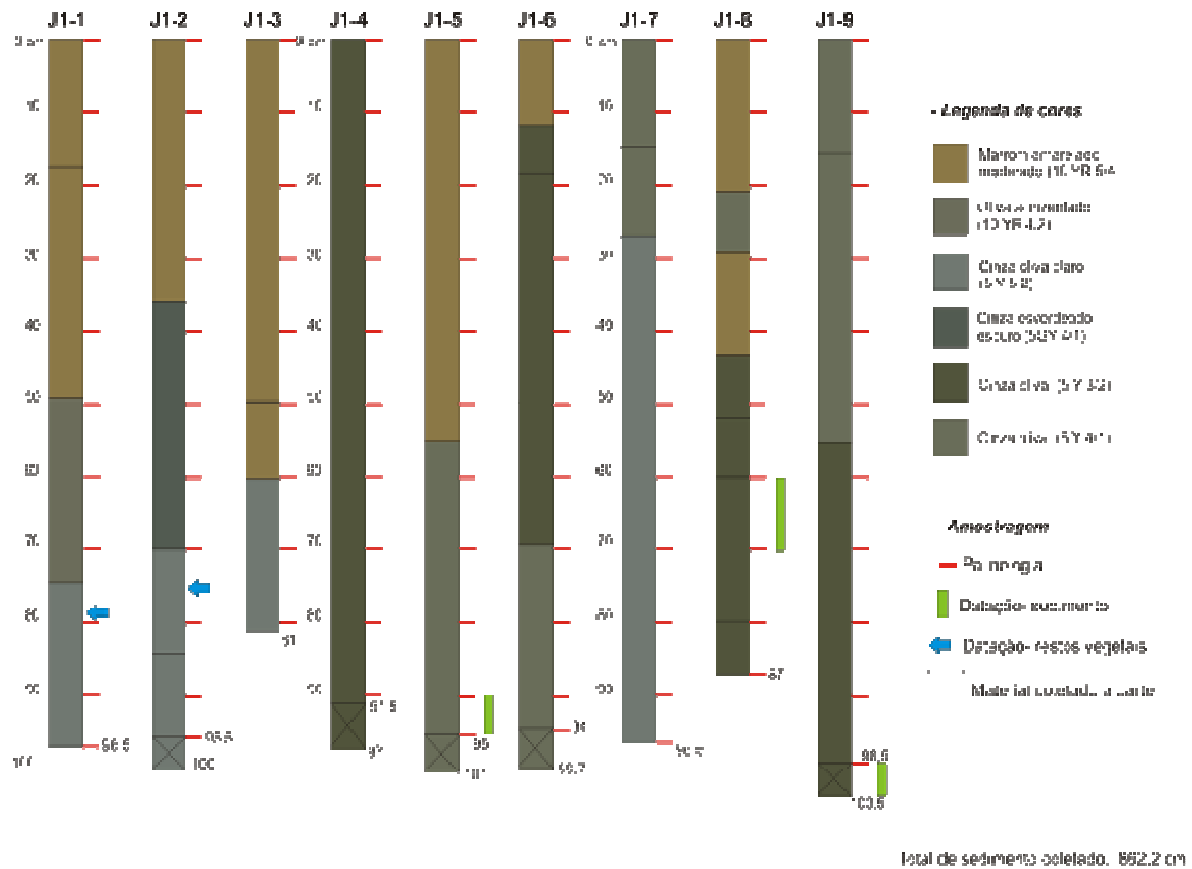


Figura 9 – Perfil estratigráfico do ponto de coleta J-1.

⇒ J 1-1

0 cm a 7 cm – argila marrom amarelo moderado (10YR 5/4); 7 cm - 48,2 cm, argila cinza claro (5Y 5/2) com oxidação marrom amarelado moderado (10YR 5/4); 48,2 cm - 74,2 cm, argila oliva acinzentado (10YR 4/2), 74,2 cm – 96,5 cm, argila cinza claro (5Y 5/2) com alta plasticidade, presença de restos vegetais

⇒ J 1-2

96,5 cm a 132,3 cm – argila cinza claro (5Y 5/2) com alta plasticidade, presença de restos vegetais; 132,3 cm - 166,5 cm, argila cinza esverdeado escuro (5GY 4/1); 166,5 cm – 192 cm argila cinza oliva claro (5Y 5/2).

⇒ **J 1-3**

192 cm a 252,1 cm – argila cinza oliva claro (5Y 5/2); 252,1 cm – 273 cm, argila cinza oliva claro (5Y 5/2).

⇒ **J 1-4**

273 cm a 362 cm – argila cinza oliva (5Y 3//2) com bioturbação e grande quantidade de fissuras.

⇒ **J 1-5**

362 cm a 417,2 cm – argila cinza oliva claro (5Y 5/2); 417,2 cm – 457 cm, argila cinza oliva (5Y 4/1) laminada;

⇒ **J 1-6**

457 cm a 469, 3 cm – argila marrom amarelado moderado (10YR 5/24) com manchas arredondadas cinza oliva claro (5Y 5/2), feições de bioturbação; 469,3 cm – 474,6 cm, argila cinza oliva (5Y 3/2) com laminação incipiente; 474,6 cm – 526,4 cm, argila cinza oliva (5Y 3/2) laminada; 526,4 cm – 551 cm, argila cinza oliva (5Y 4/1) com partes oxidadas marrom amarelado moderado (10 YR 5/4) com bioturbação.

⇒ **J 1-7**

551 cm a 566,2 cm – argila cinza oliva (5Y 4/1) com laminação incipiente; 566,2 cm – 578 cm; argila cinza oliva (5Y 4/1) com bioturbação; 578 cm – 647,5 cm, argila cinza oliva claro (5Y 5/2) com laminação;

⇒ **J 1-8**

647,5 cm a 668,6 cm – argila cinza oliva (5Y 4/1) com oxidação marrom amarelado moderado (10 YR 5/4), 668,6 cm – 675,7 cm, argila cinza oliva (5Y 4/1); 675,7 cm – 690,4 cm, argila cinza oliva (5Y 4/1) com oxidação marrom amarelado moderado (10YR 5/4); 690,4 cm – 700,4 cm, argila cinza oliva (5Y 3/2) com laminação incipiente; 700,4 cm – 707,5 cm, argila cinza oliva (5Y 3/2) com bioturbação; 727,5 cm – 734,5 cm, argila cinza oliva (5Y 3/2) com oxidação marrom amarelado moderado (10YR 5/4).

⇒ **J 1-9**

724,5 cm a 750,3 cm –argila cinza oliva (5Y 4/1) com manchas de oxidação marrom amarelado moderado (10 YR 5/4) com bioturbação; 750,3 cm – 789,7 cm, argila cinza oliva (5Y 4/1) com laminações; 789,7 cm – 833,0 cm, argila cinza oliva (5Y 3/2) com oxidação marrom amarelado escuro (10YR 4/2) e marrom oliva (5Y 4/4), laminada.

7.2. Datação ¹⁴C e taxa de sedimentação

As amostras encaminhadas com a colaboração da UFRJ para o laboratório Beta Analytic, em Miami, EUA, para datação radiocarbônica, apresenta os resultados mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Datação ¹⁴ C dos intervalos selecionados do perfil sedimentar J1 da Lagoa Juparanã.			
Código de Laboratório	Profundidade no testemunho (cm)	Idade (anos A.P.)	Idade calibrada (anos cal. A.P.)
J1 - 1#1	78,5	1420 ± 40	1380 a 1280
J1 - 5#1	452 a 457	3750 ± 40	4240 a 3980
J1 - 8#1	707,5 a 717,5	5260 ± 40	6180 a 5920
J1 - 9#1	833 a 838	6330 ± 40	7320 a 7170

As taxas de sedimentação foram calculadas utilizando-se as idades calibradas, e idades interpoladas, para as profundidades correspondentes à divisão das zonas de diatomáceas.

Os resultados obtidos para a Lagoa Juparanã, são expressos em cm/ano, e estão representados na tabela 2 e ilustrados na figura 10.

Tabela 2 – Taxa de sedimentação do perfil sedimentar J1 da Lagoa Juparanã.		
Idade anos cal. A.P.	Taxa de sedimentação (cm/ano)	Profundidade (cm)
7245 a 6430	0,096	793,5
6430 a 6050	0,2	716
6050 a 4110	0,11	566,25
4110 a 3500	0,16	406
3500 a 2770	0,1	319,5
2770 a 1500	0,14	191
1500 a 1330	0,11	90

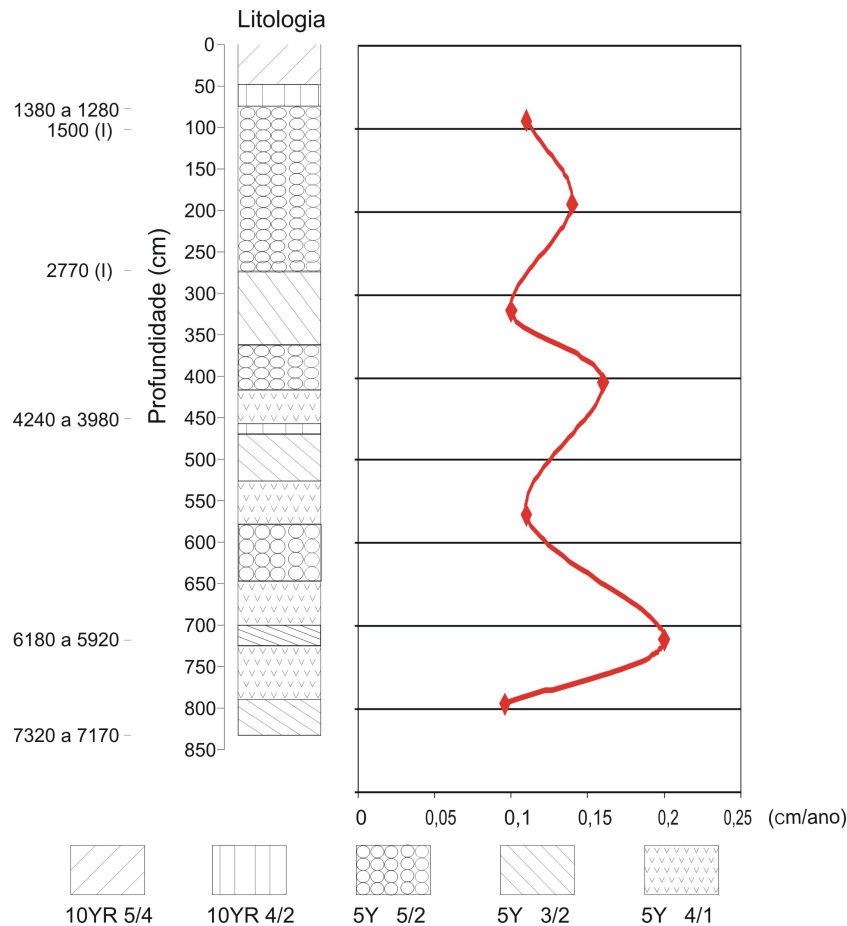


Figura 10 – Taxa de Sedimentação do perfil sedimentar J1 da Lagoa Juparanã expressos em cm/ano. As idades radiocarbônicas indicadas por (I) foram interpoladas. As legendas dos tipos de sedimentos referem-se às cores das argilas obtidas a partir da Tabela de Munsell.

7.3. Análise taxonômica

Nas análises de diatomáceas foram encontrados 12 táxons, que estão listados no quadro 1, com os respectivos parâmetros ecológicos quanto ao habitat, salinidade, nutrientes e pH, segundo Moro e Fürstenberger (1997), sendo que as mais representativas foram *Aulacoseira granulata* e *Aulacoseira italica* (Quadro 1). Para a caracterização dos requerimentos ecológicos de cada táxon empregou-se a terminologia proposta por essas autoras:

1. Quanto ao habitat:

- Plâncton: vive em suspensão na água.
- Perifítico: vive fixo a um substrato ou objeto submerso na água.

2. Quanto à salinidade:

- Halófitas: não tolera sal.
- Oligohalóbio: de água doce, vivendo em ambientes com teores de sal muito restritos, inferiores a 5g.l^{-1} .

3. Quanto aos nutrientes:

- Distrófica: característica de água rica em ácidos húmicos que tornam as águas ácidas e de cor escura.
- Eutrófica: característica de águas com altas concentrações de nutrientes e alto conteúdo mineral.
- Euritrófica: suporta grandes variações na concentração de nutrientes e minerais.
- Oligotrófica: características de águas com baixa concentração de nutrientes e baixo conteúdo mineral.

4. Quanto ao pH:

- Acidófilo: ocorre em pH ao redor de 7, com desenvolvimento ótimo abaixo de 7.
- Alcaliόfilo: ocorre em pH ao redor de 7, com desenvolvimento ótimo acima de 7.
- Indiferente: ocorre em larga faixa de pH.

Quadro 1 – Listagem de táxons presentes nos sedimentos da Lagoa Juparanã e seus receptivos requerimentos ambientais, extraídos de Moro e Fürstenberger (1997). Os táxons indeterminados permanecem, por enquanto, sem a indicação de seus requerimentos ambientais.

Táxons	Parâmetros Ambientais			
	Habitat	Salinidade	Nutrientes	pH
<i>Aulacoseira distans</i>	Plâncton	Halófitas	Oligotrófica	Acidófilo
<i>A. granulata</i>	Plâncton	Oligohalóbio	Eutrófica	Alcaliόfilo
<i>A. italica</i>	Plâncton	Halófitas	Eutrófica	Alcaliόfilo
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Plâncton	Halófitas	Eutrófica	Alcaliόfilo
<i>Discostella stelligera</i>	Plâncton	Oligohalóbio	Oligo/Eutrófica	Alcaliόfilo
<i>Eunotia flexuosa</i>	Perifiton	Oligohalóbio	Oligotrófica	Acidófilo
<i>Navicula cuspidata</i>	Perifiton	Indiferente	Eutrófica	Alcaliόfilo
<i>Navicula subminuscula</i>	Perifiton	Indeterminado	Euritrófica	Indiferente
<i>Navicula</i> sp	Perifiton	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado
<i>Pinularia divergens</i>	Perifiton	Halófitas	Oligotrófica	Indiferente
<i>Pinularia viridis</i>	Perifiton	Indiferente	Eutrófica	Indiferente
<i>Surillela</i> sp	Perifiton	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado

7.4. Organização Sistemática

A organização sistemática adotada segue o padrão descrito em Round, Crawford e Mann (1990).

DIVISÃO BACILLARIOPHYTA

CLASSE Coscinodiscophyceae Round & Crawford, class nov.

Subclasse Coscinodiscophycidae Round & Crawford, subclass nov

Ordem Aulacoseirales Crawford, ord. nov.

Família Aulacoseiraceae Crawford, fam. nov.

Gênero *Aulacoseira* G. H. K. Thwaites 1848

Subclasse Thalassiosirophycidae Round & Crawford, subclass nov

Ordem Thalassiosirales Glezer & Makarova 1986

Família Stephanodiscaceae Glezer & Makarova 1986

Gênero *Cyclotella* F. T. Kützing, 1838

Gênero *Discostella* Cleve e Grunow, 1881

CLASSE Bacillariophyceae Haekel, 1878 sensu emend.

Subclasse Eunotiophycidae D. G. Mann, subclass nov

Ordem Eunotiales Silva, 1962

Família Eunotiaceae Kützing, 1844

Gênero *Eunotia* C. G. Ehrenberg, 1837

Subclasse Bacillariophycidae D. G. Mann, subclass nov

Ordem Naviculales Bessey, 1907 sensu emend

Família Naviculaceae Kützing, 1844

Gênero *Navicula* J. B. M. Bory, 1822

Família Pinnulariaceae D. G. Mann, fam. nov.

Gênero *Pinnularia* C. G. Ehrenberg, 1843

Ordem Surirellales D. G. Mann, ord. nov.

Família Surirellaceae Kützing, 1844

Gênero *Surirella* P. J. F. Turpin 1828

7.5. Descrição morfológica dos táxons

Os táxons encontrados foram descritos quanto às características morfológicas de suas paredes das valvas como a presença/ausência de rafe, número de estrias por 10 μm e comprimento e largura. Neste caso as dimensões apresentadas referem-se somente às dos espécimes apresentados no catálogo fotomicrográfico, apresentado no Anexo I.

Aulacoseira distans (Ehrenberg) Simonsen

Frústulas cilíndricas em vista pleural, unidas por espinhos de ligação curtos, marginais; filamentos retos e levemente arqueados; manto ornamentado por aréolas delicadas compondo estrias paralelas em relação ao eixo pervalvar; sulco e pseudo-sulco pouco profundos; valvas circulares; aréolas conspícuas dispostas em toda a face valvar. Diâmetro valvar: 4,7-11,9 μm ; eixo pervalvar: 6,4-12,6 μm ; 16-24 estrias em 10 μm ; 12-16 aréolas em 10 μm .

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen

Frústulas cilíndricas em vista pleural, unidas por dois espinhos de ligação, um longo e outro um pouco menor; filamentos retos. Estrias de manto paralelas a levemente oblíquas ao eixo pervalvar; areolação grosseira; sulco e pseudo-sulco em forma de "V". Diâmetro valvar: 4,7-13,4 μm ; eixo pervalvar: 26,8-45,8 μm ; 8-12 estrias em 10 μm ; 8-12 aréolas em 10 μm .

Aulacoseira italica (Ehrenberg) Simonsen

Frústulas cilíndricas em vista pleural, unidas por espinhos de ligação curtos; filamentos retos; manto ornamentado por estrias paralelas e levemente oblíquas em relação ao eixo pervalvar; areolação delicada, conspícua; sulco e pseudo-sulco em forma de "V". Diâmetro valvar: 7,1-16,6 μm ; eixo pervalvar 20,6-26,8 μm ; 20-22 estrias em 10 μm ; 14-20 aréolas em 10 μm .

Cyclotella meneghiniana Kützing

Valvas circulares; área central valvar plana levemente ondulada, com linhas radiais delicadas; uma a duas fultopórtulas em uma das metades da área central; fultopórtulas e rimopórtulas marginais inconspícuas; estrias marginais grosseiras, radiadas. Diâmetro valvar: 5,5-20,5 μm ; 7-10 estrias em 10 μm .

Discostella stelligera (Cleve & Grunow) Houk & Klee

Valvas circulares; área central plana, ornamentada por um poro central isolado, rodeado por estrias radiadas em forma de roseta; estrias marginais regularmente encurtadas, radiadas. Diâmetro valvar 5,5-10,3 μm ; 12-16 estrias marginais em 10 μm .

Eunotia flexuosa Brébisson ex Kützing

Valvas com margem dorsal reta, margem ventral reta; extremidades largamente capitadas, destacadas do corpo valvar, mais largas que a largura mediana da valva; nódulos terminais nas extremidades; estrias paralelas a radiadas próximo às extremidades; aréolas inconspícuas. Eixo apical: 124-186 μm ; eixo transapical: 5,5-6 μm ; 14-18 estrias em 10 μm .

Navicula cuspidata Grunow ex Van Heurck

Valvas lanceoladas; extremidades capitadas; área axial linear, estreita; área central ausente; rafe filiforme, reta; estrias transapicais paralelas. Eixo apical: 22,1 – 25 μm ; eixo transapical: 5 – 7,3 μm ; estrias: 18 - 22 em 10 μm .

Navicula sp

Valvas lanceoladas; extremidades rostradas, alongadas; área axial linear, estreita; área central reduzida; rafe filiforme, reta; estrias transapicais paralelas. Eixo apical: 64,8 – 85,1 μm ; eixo transapical: 17,0 – 21,0 μm ; estrias: 17 - 24 em 10 μm .

Pinnularia divergens W. Smith

Valva linear lanceoladas, com margens sutilmente onduladas; extremidades subcaptadas; esterno da rafe linear, pouco expandido; área central rômbrica, expandida até as margens da valva; espessamento silicoso marginal presente na região mediana; rafe complexa, extremidades próximas sutilmente fletidas; estrias radiadas e fortemente convergentes em direção as extremidades. Eixo apical: 71,1-120,1 μm ; eixo transapical: 10,9-21,3 μm ; 9-12 estrias em 10 μm .

Pinullaria viridis (Nitzsch) Ehrenberg

Valvas linear-elípticas; extremidades arredondadas; esterno da rafe linear, pouco expandido; área central arredondada, mais expandida em um dos lados da

valva; rafe complexa, extremidades proximais fletidas; nódulo central refringente, voltado para o mesmo lado das extremidades proximais da rafe; estrias radiadas a convergentes nas extremidades da valva. Eixo apical: 123,2-157,2 μm ; eixo transapical: 10,3-25,3 μm ; 9-11 estrias em 10 μm .

***Surirella* sp**

Valvas isopolares linear-lanceoladas; extremidades capitadas; área axial linear, estreita; projeções aliformes delicadas, paralelas na região mediana e radiadas nas extremidades valvares; estrias transapicais inconspícuas. Eixo apical: 23,5 – 34,8 μm ; eixo transapical: 6,5 – 8,9 μm ; projeções aliformes: 6 - 7 em 10 μm .

7.6. Descrição e discussão das ecozonas de diatomáceas

Após a inserção dos dados no programa Tília/Tília Graph, foram gerados gráficos com os resultados de porcentagem, concentração e concentração de diatomáceas X Zona Polínica apresentados respectivamente na figura 11, 12 e 13.

As cinco ecozonas de diatomáceas foram criadas, com base nos dados de concentração, no subprograma CONISS, de acordo com a similaridade das amostras.

A discussão do significado das zonas diatomáceas em relação às zonas polínicas encontra-se nos itens a seguir. Para uma melhor apreciação desses resultados o Quadro 2 apresenta a relação entre esses dados.

Quadro 2 - Comparação entres as zonas de diatomáceas e zonas polínicas			
Profundidade (cm)	Zonas Diatomaceas	Profundidade (cm)	Zonas Polínicas
126,5 - 0	Zona Dia 5	150 - 0	Zona Pol 5
282- 126,5	Zona Dia 4	292 - 150	Zona Pol 4
357 - 282	Zona Dia 3	525 - 292	Zona Pol 3
677,5 - 357	Zona Dia 2	606 - 525	Zona Pol 2
833 - 677,5	Zona Dia 1	833 - 606	Zona Pol 1

7.6.1. Zona Diatomácea 1 (833 - 677,5 cm; 7320/7170 a ca 6050 anos cal. A.P.)

Esta zona, que marca o início da deposição dos sedimentos, é inicialmente caracterizada, em termos percentuais e de concentração, pelo predomínio quase que absoluto de táxons planctônicos, que variam de 90 a 100%, dominada por *Aulacoseira italica* (60 a 80%) seguida de *Aulacoseira granulata* (15 a

40%) e *Aulacoseira distans* (2,5 a 15%). Nota-se nesse período, graças ao aumento progressivo desses táxons, que o nível relativo da lagoa estava em ascensão.

Os táxons perifíticos, que aparecem pela primeira vez por volta de 6430 anos cal. A.P. (idade interpolada), são representados por *Eunotia flexuosa*, *Pinnularia viridis* e *Surirella* sp.

O intervalo desta zona é praticamente equivalente ao da ecozona palinológica POL 1 caracterizada por alta concentração de elementos botânicos arbóreos que sugerem uma floresta úmida e mais fria que o presente devido à presença de pólen de *Podocarpus* e outros elementos arbóreos tais como, *Hedyosmum*, *Ilex*, *Myrsine*, *Lamanonia* Melastomataceae, Myrtaceae e *Symplocos*. Entre os elementos herbáceos destacam-se as famílias Asteraceae, Cyperaceae, Poaceae, Typhaceae, ou seja, ervas aquáticas típicas de bordas de florestas, margens de lagos e regiões pantanosas (JOLY, 1998; DE OLIVEIRA et al, 2005).

A distribuição tanto dos táxons de diatomáceas quanto os palinomorfos encontrados nesta zona tem aparente relação com alta pluviosidade indicada pela curva ascendente de sedimentação nesse período. *Aulacoseira granulata* e *A. italica*, por exemplo, são táxons que requerem circulação das camadas de água com conseqüente redistribuição de nutrientes (Fernandes, 1999). Segundo Cardoso e Motta Marques (2004) este último táxon é indicativo de águas frias.

Os dados de concentração para esta zona mostram um aumento gradual até um máximo de diatomáceas planctônicas, que coincide com o aparecimento de táxons perifíticos. Nesse momento nota-se um máximo de concentração dos três táxons principais. O aumento de táxons perifíticos (*Eunotia flexuosa*, *Pinularia viridis*, *P. divergens* e *Surillela* sp) sugere o desenvolvimento de habitats propícios à proliferação de plantas macrófitas, que por sua vez favorecem, com o aumento de substrato disponível para colonização. Segundo Patrick e Reimer (1966) *Pinnularia viridis* é um táxon comum em águas ácidas e circumneutras de baixo teor mineral, enquanto que esse gênero também pode ser encontrado em águas distróficas, isto é, ricas em substâncias húmicas. Ainda segundo esses autores *Pinularia divergens* é encontrada em águas frias de baixo teor mineral, enquanto que *P. viridis* também ocorre em águas circumneutras.

Portanto, os dados palinológicos e diatomológicos sugerem águas mais frias no período entre ca de 7.000 e 6.000 anos cal. A.P.. A alta umidade sugerida para este período é relatada por vários autores em várias regiões do Brasil, como

por Garcia et al (2004) para o Vale do Rio Paraíba do Sul (SP); Martinelli et al (1996) para a Amazônia; Gouveia et al (2002), para o Sudeste e Centro-oeste; Belling e Negrele (2001) para o Paraná e Santa Catarina; Barberi Ribeiro (1994) para o Distrito Federal; Bauermann (2003) para o Rio Grande do Sul; Pessenda et al (2009) para a costa Sul do estado de São Paulo.

Após o máximo de elementos planctônicos e perifíticos a concentração de diatomácea decresce ao final desta zona em sincronia com o decréscimo na taxa de sedimentação. Este padrão, interpretado como consequência da precipitação, é relatado por Garcia et al. (2004), no Vale do Rio Paraíba do Sul, por Behling (1997a), na região central do Paraná, no médio Holoceno do alto da Serra da Mantiqueira em São Paulo (BEHLING, 1997b) e no Lago Pires, norte de Minas Gerais (BEHLING, 1995).

7.6.2. Zona Diatomácea 2 (677,5 - 357cm; ca 6050 a 3500 anos cal. A.P.)

Essa zona é caracterizada por uma relativa estabilidade na concentração de diatomáceas planctônicas inicialmente baixa, tendendo a valores relativamente mais elevados na sua porção final e pela ausência quase que generalizada de formas perifíticas, que estão restritas a apenas quatro amostras.

Esta zona engloba o final da Zona POL 1 e as Zonas POL 2 e boa parte da POL 3. Segundo Nascimento (2010) a Zona POL 2, equivalente ao início da esta zona diatomácea, sugere algum tipo de perturbação da floresta como, por exemplo, a formação de clareiras de origem natural ou antrópica, devido à presença de elementos típicos de matas em estágios de sucessão ecológica. Esse período, equivalente a ca. 6.000 a ca. 5.000 anos A.P. é indicado na literatura como uma fase relativamente seca, que está em sintonia com a redução na taxa de sedimentação em Juparanã. Entre os estudos paleoambientais que destacam condições mais secas no médio Holoceno encontram-se os de Lagoa Bonita, no Distrito Federal (BERTAUX et al. 1996), na Serra dos Carajás, Amazônia, entre 7.000 e 4.600 anos A.P. (TURCQ et al. 1998), eventos climáticos que foram atribuídos a fenômenos do tipo El Niño (MARTIN et al., 1993,1995; SUGUIO et al., 1993; DE OLIVEIRA et al. 1999).

Na zona POL 3 de Juparanã, equivalente à fase terminal da Zona 2 de diatomáceas, a partir de 4.000 anos A.P., Nascimento (2010), ao contrário da anterior, caracteriza seus elementos como pertencentes a táxons arbóreos que

sugerem clima mais úmido e quente que na zona anterior. Coincidentemente, nesta fase observa-se um aumento da taxa de sedimentação em Juparanã, fato tentativamente explicado por um aumento generalizado da umidade como evidenciam vários registros paleoambientais na região Sudeste de 4.000 anos A.P. até o presente. Entre eles estão a Lago dos Olhos, Minas Gerais (DE OLIVEIRA, 1992), Lagoa Santa (PARIZZI, 1994), Serra Negra e Salitre, Minas Gerais (LEDRU, 1991; DE OLIVEIRA, 1992; LEDRU, 1992; LEDRU et al., 1996). Cromínia, Goiás (FERRAZ-VICENTINI, 1994; SALGADO-LABOURIAU et al., 1996), Águas Emendadas, Goiás (BARBERI-RIBEIRO, 1994). Estes estudos sugerem segundo De Oliveira et al. (1999) uma assimetria climática entre as regiões Sudeste e Nordeste, uma vez que a partir de 4.000 anos A.P. até o Presente a caatinga do setor oeste da Bahia tendeu a ficar cada vez mais seca enquanto que os estudos palinológicos da região Sudeste indicam aumento de umidade nesse período.

7.6.3. Zona Diatomácea 3 (357 – 282 cm; ca 3500 a 2770 anos cal. A.P.)

Esta zona é caracterizada pela ausência total das diatomáceas, o que pode ser justificado pelo decréscimo da taxa de sedimentação que atingiu seu valor mais baixo e equivalente à taxa inicial da deposição sedimentar na Lagoa de Juparanã.

Uma hipótese alternativa para o desaparecimento de valvas diatomáceas dos sedimentos de Juparanã, nesta fase, seria a ocupação do nicho planctônico da coluna d'água por algas clorofíceas do gênero *Botryococcus*, como proposto por Fernandes (1999) para o Lago Dom Helvécio, Médio Vale do Rio Doce em Minas Gerais, uma vez que essas algas se expandiram a partir de 4200 anos A.P. e as diatomáceas só retornaram por volta de 2600 anos A.P.

Esse cenário paleoambiental, ou seja de baixa taxa de sedimentação e ausência de valvas de diatomáceas, é coincidente com o final da Zona POL 3 e o começo da Zona POL 4, de Nascimento (2010), que apresentam uma diminuição da concentração de grãos de pólen tanto arbóreos quanto herbáceos. Segundo este autor, este sinal pode estar relacionado com algum evento paleoambiental devido à alta porcentagem de *Cecropia*, espécie de árvore típica de florestas perturbadas. As ervas mais representadas desta zona são do tipo Asteracaceae e Poaceae, que sofreram um acréscimo junto com as árvores pioneiras. As algas do tipo *Pediastrum* diminuem de 10% para 2%, o que sugere uma redução no nível de água da lagoa.

Este cenário, proposto a partir dos dados polínicos são apoiados tanto pelo decréscimo da concentração de palinomorfos sincronicamente com aumento de esporos de pteridófitas, que podem representar invasão de áreas marginais, anteriormente sob certa altura de coluna d'água. Portanto é possível que os poucos sedimentos da Zona Diatomácea 3 foram depositados durante um período caracterizado por vegetação mais aberta, mas sob clima quente e úmido.

7.6.4. Zona Diatomácea 4 (282 – 126,5 cm; ca 2770 a 1330 anos cal. A.P.)

Nesta ecozona, percebe-se a dominância das diatomáceas planctônicas com aproximadamente 100% de frequência, sendo que os táxons *Aulacoseira granulata* e *Aulacoseira italica* atingem um máximo de 25% e 75%, respectivamente. O táxon perifítico *Eunotia flexuosa* alcança um máximo de ca. 15% na amostra 232 cm. Em menores valores de porcentagem aparecem os táxons *Cyclotella meneghiniana*, *Discostella stelligera* e *Eunotia flexuosa*.

Em termos de concentração notam-se alternâncias bruscas e oscilantes dos táxons. Nesta zona observa-se um predomínio dos táxons planctônicos que atingem um de valores mais elevados na amostra 272 cm.

Segundo Wetzel (1983) a ocorrência de diatomáceas cêntricas indicaria um ambiente oligotrófico, enquanto que as diatomáceas Pennales (perifíticas), indicariam um ambiente eutrófico. Dentre as diatomáceas Centrales (planctônicas) o gênero *Aulacoseira* parece ter sua ocorrência relacionada à circulação de água, uma vez que a constituição filamentosa desta alga lhe confere grande peso e para a sua suspensão necessita de certa turbulência na água (PILSKALN e JOHNSON 1991; OWEN e CROSSLEY, 1992; STAGER, 1997).

Portanto, os dados sugerem que esta zona represente o nível mais elevado da Lagoa quando a bacia teria atingido a profundidade da coluna atual de cerca de 20 m, em sincronia com vários estudos paleoambientais que sugerem este período como um dos mais úmidos do Holoceno.

7.6.5. Zona Diatomácea 5 (126,5 – 0 cm; ca 1330 anos cal. A.P. até o presente)

Esta zona caracteriza-se por apresentar um decréscimo acentuado das diatomáceas, tanto planctônicas quanto perifíticas. As amostras 80 cm, 20 cm e 0 cm, foram consideradas inférteis, pois não apresentaram diatomáceas nos sedimentos, que contém apenas espículas de esponjas. São várias as explicações

na literatura científica para a ausência de diatomáceas em sedimentos. Para Snoeijs (1999) a baixa abundância de espécies em um ambiente particular pode ser causada por uma combinação de fatores ambientais, competição ou predação (Snoeijs, 1999). Pontes (1980) e Hino et al. (1986) mostram que a estrutura da comunidade fitoplanctônica do atual Lago Dom Helvetio, em Minas Gerais, é caracterizada por diatomáceas cêntricas, que apresentam um papel secundário, sendo, em termos de abundância, subordinadas às cianofíceas e clorofíceas. Para o Lago Dom Helvetio Fernandes (1999) mostrou que há cerca de 5.000 anos AP a profundidade máxima já era de algo em torno de 16m, atingindo a profundidade próxima a atual, ou seja, 30 m há cerca de 1400 anos, período coincidente com a diminuição de diatomáceas cêntricas em Juparanã, ou seja, ca. 1500 anos AP.

Uma outra hipótese para a ausência de diatomáceas tem a ver com o aumento da umidade e conseqüente aumento na coluna d'água e diminuição da circulação entre camadas profundas e superficiais. A supressão da circulação poderia ter acarretado um aumento gradual de condições oligotróficas o que por sua vez promoveria uma escassez de nutrientes para a comunidade fitoplanctônica.

O aumento do nível de água provocado pela intensa precipitação também funciona como fator de estresse para o banco de macrófitas que têm sua área de ocupação muito reduzida na estação chuvosa como demonstrou Schwarzbald (1992) para a Lagoa Infernã no Estado de São Paulo.

Neste estudo, encontram-se argumentos para estas hipóteses assim como para aquela que explica a atual estrutura da comunidade planctônica da Lagoa de Juparanã estudada por Huszar, Werneck e Esteves (1994) revela o predomínio de algas cianofíceas, clorofíceas e Zygenamaphyceae. Segundo esses autores *Botryococcus braunii* foi dominante em 79% das amostras passando a abundante nos 21% restantes. Esses dados, portanto, corroboram com hipótese da competição a explicação da diminuição de algas diatomáceas nos sedimentos mais recentes.

Estudos modernos realizados também no plâncton da Lagoa de Juparanã por Cavati e Fernandes (2008) confirmam o predomínio de cianofíceas anteriormente observado por Huszar, Werneck e Esteves. Os primeiros autores também confirmam a ausência de diatomáceas cêntricas no plâncton atual.

Segundo Pontes 1980 as diatomáceas ocorrem em densidades baixas no lago Dom Helvécio em conseqüência das baixas concentrações de SiO₂.

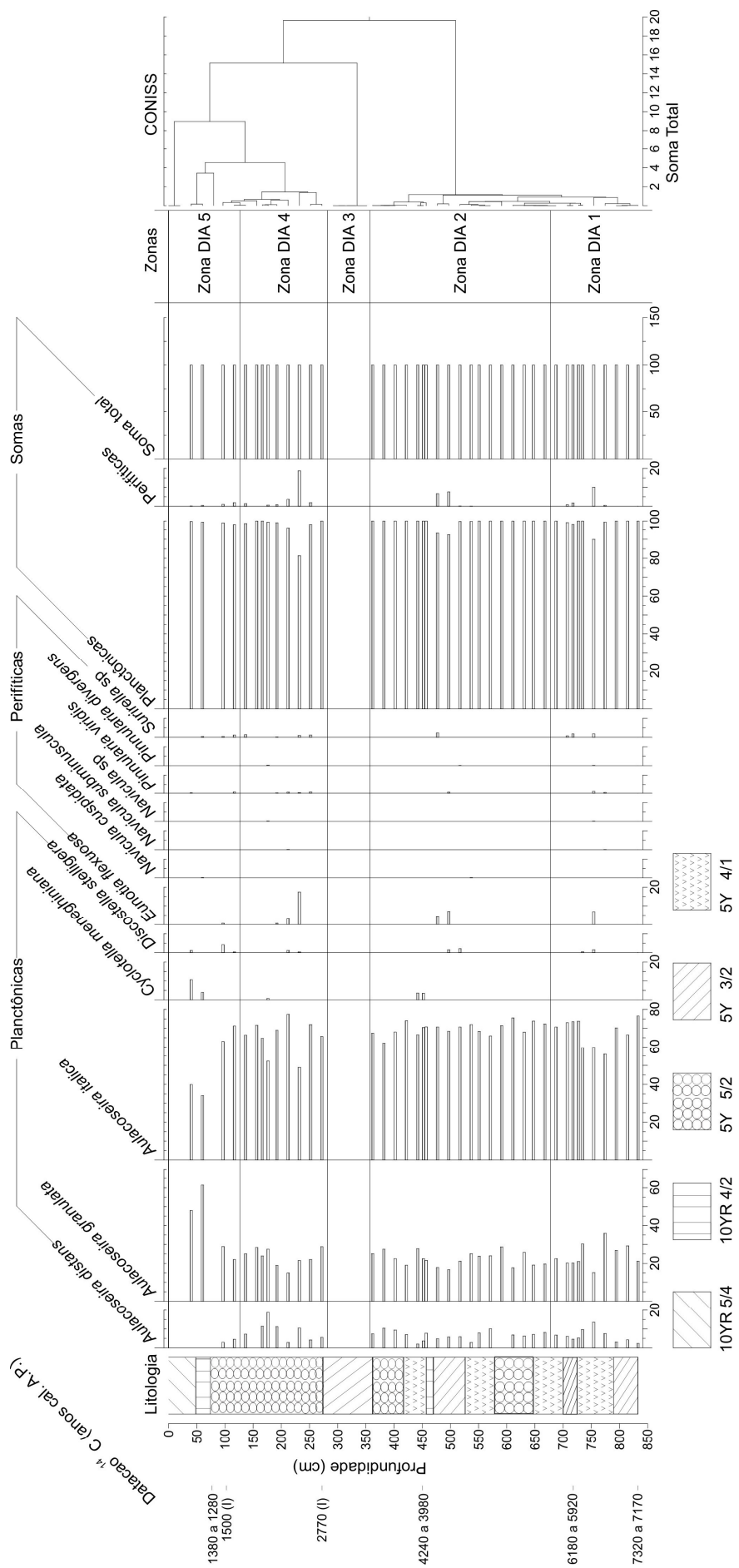


Figura 11 – Gráfico de porcentagem das diatomáceas da Lagoa Juparanã.

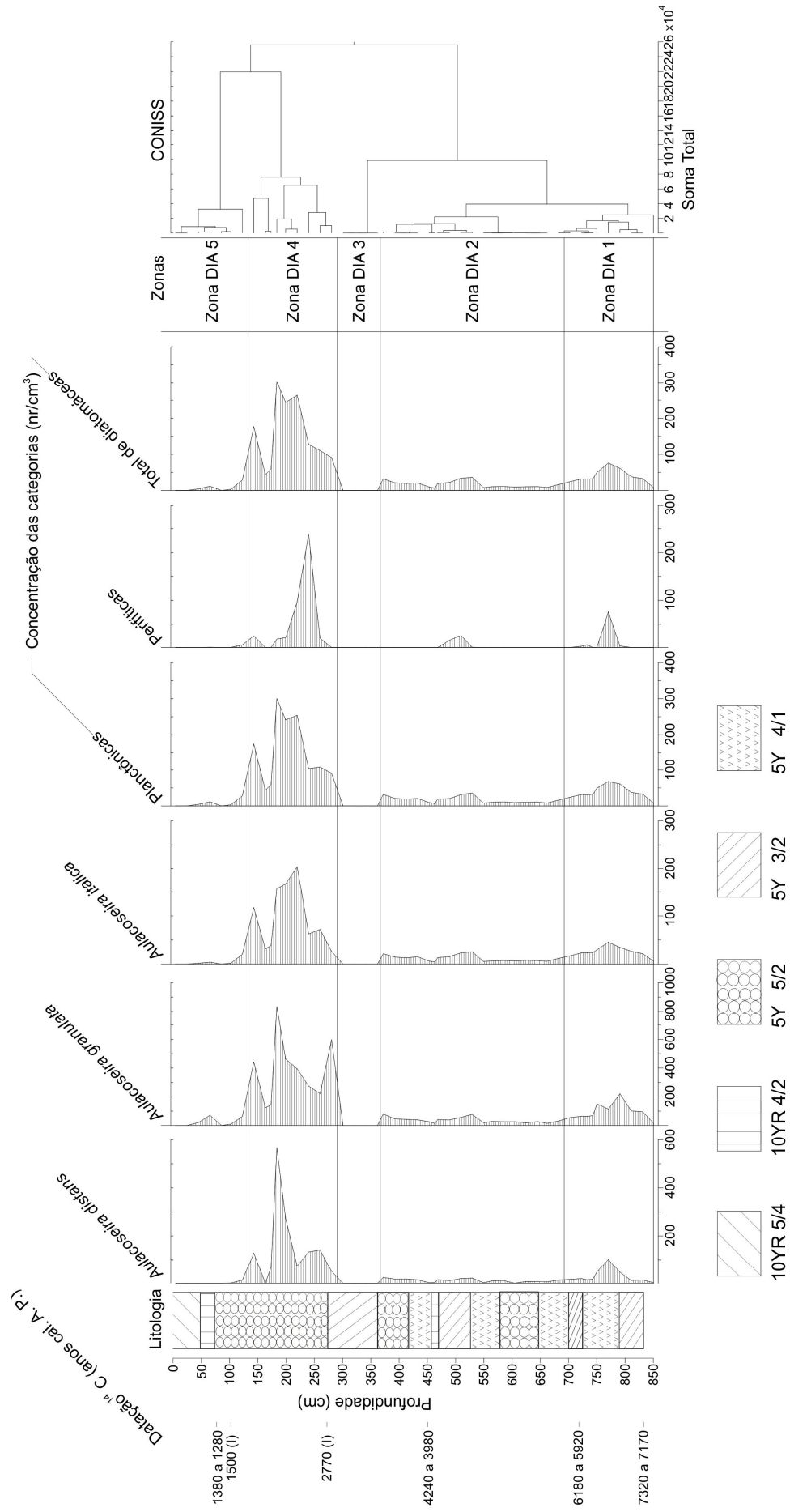


Figura 12 – Gráfico de concentração (indivíduos por cm³) das diatomáceas da Lagoa Juparana.

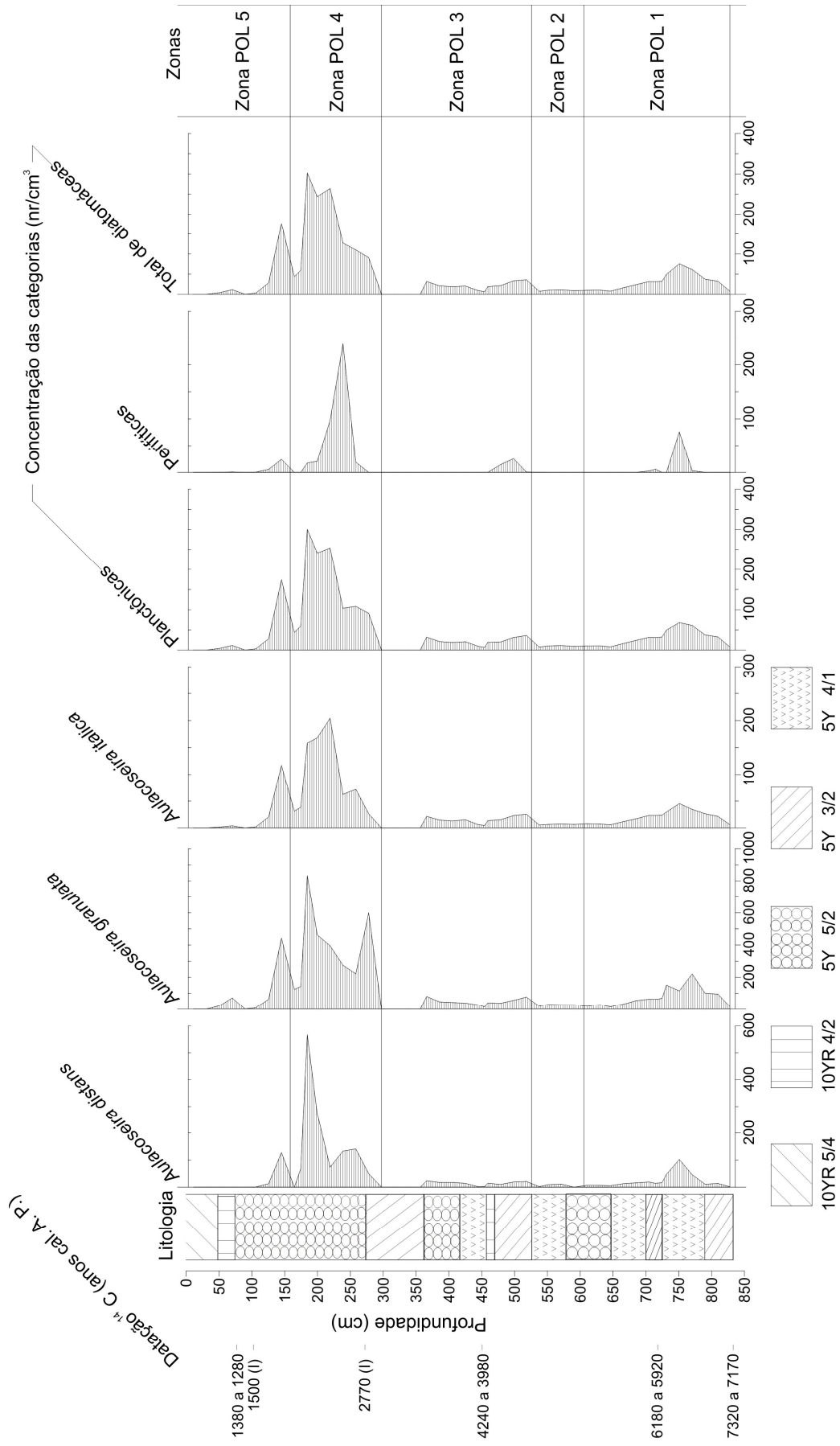


Figura 13 – Gráfico de concentração (indivíduos por cm³) das diatomáceas em relação as zonas polínicas identificadas na Lagoa Juparanã..

8. CONCLUSÕES

Os dados obtidos da análise de diatomáceas sugerem vários aspectos sobre o Holoceno da Lagoa Juparanã que são sintetizados a seguir:

1. Os sedimentos da Lagoa de Juparanã, contidos no testemunho J1, indicam o início de uma sedimentação por volta de 7.000 anos A.P.,
2. As análises de algas diatomáceas sugerem, em integração com dados palinológicos, que nessa primeira fase da história da lagoa, o clima era frio e úmido;
3. A flora diatomácea encontrada é típica de lagos profundos com grande coluna d'água, caracterizada pelo predomínio de táxons de planctônicos como aqueles pertencentes ao gênero *Aulacoseira*;
4. Não há evidência de contato dos sedimentos analisados (testemunho J1) com águas marinhas durante todo o período deposicional. Dessa forma não se nota influência marinha durante as fases de transgressão propostas para o médio Holoceno neste ponto da Lagoa de Juparanã. Esses dados estão em pleno acordo com as interpretações baseadas nos dados palinológicos de Nascimento (2010);
5. O aumento de táxons perifíticos de diatomáceas está em sincronia com aumentos do nível da coluna d'água e aumento de pólen de plantas macrófitas. Esses dados sugerem, portanto, que durante o aumento da coluna d'água foram abertos nichos para aumento dos táxons perifíticos com a maior disponibilidade de áreas de colonização;
6. O nível de coluna d'água atingiu seu máximo, provavelmente entre 2700 a 1400 anos antes do Presente, com o aumento significativo de diatomáceas planctônicas em consonância com outros registros paleoambientais da região Sudeste;
7. A ausência de diatomáceas a partir de 1300 anos A. P. até o presente, notada em estudos da comunidade atual da Lagoa de Juparanã, onde a principal hipótese para o desaparecimento seria a competição com outros grupos fitoplanctônicos ou pela limitação de silício.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, P. G. C. **Evolução da sedimentação lagunar holocênica na região de Jaguaruna, Estado de Santa Catarina: Uma abordagem sedimentológica – micropalontológica integrada.** Tese de Doutorado. Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo. p 165. 2008.
- BANDEIRA Jr AN, PETRI S & SUGUIO K. **Projeto Rio Doce (Relatório final).** CENPES, PETROBRAS, Rio de Janeiro, 144 p.: il, mapas. 1975.
- BARRETO, A. M. F. et al. Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea level change and tectonic implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Irlanda, v. 179, p. 57-69, 2002
- BATTARBEE, R. W. Diatom analysis. In: B.E. Berglund (ed.) **Handbook of Holocene Paleocology and Paleohydrology.** John Wiley and Sons Ltda, Chichester, 1986.cap. 26, p: 527-570.
- BATTARBEE, R. W.; et al. Diatoms as indicators of surface water acidity. In: Stoermer, E. F.; Smol, J. P. (Eds). **The diatoms applications for the environmental and earth sciences.** Cambridge University Press, Cambridge. 1999. cap. 5, p. 85-127.
- BAUERMANN, S. G. **Análises palinológicas e evolução paleovegetacional e paleoambiental das turfeiras de Barrocas e Águas Claras, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 137 p. 2003
- BEHLING, H. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology** 14, 253–268. 1995.
- BEHLING, H. e NEGRELLE, R. R. B. Tropical rain forest and climate dynamics of the Atlantic lowland rain forest, Reserva Volta Velha, South Brazil. **Review of Paleobotany and Palynology** 83: 107-117. 2001.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology** 129, 407– 422. 1997a.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history in the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais (Paraná), S. Brazil. **Review of Paleobotany and Palynology** 97, 109– 121. 1997b.
- BERTAUXS, J. et al. The use of quantitative mineralogy linked to palynological studies in paleoenvironmental reconstruction: The case study of the Lagoa Campestre Lake, Salitre, Minas Gerais, Brazil. **C. R. Acad. Sci.**, Paris v. 323, n. 2, p. 65-71. 1996.

- BRADBURY, J. P. et al. Late Quaternary environmental history of Lake Valencia, Venezuela. **Sricnre** 214, 1299- 1305. 1981.
- BRADBURY, J.P. Continental diatoms as indicators of long-term environmental change. In: Stoermer, E. F.; Smol, J. P. (Eds). **The diatoms: applications for the environmental and earth sciences**. Cambridge University Press, 1999. cap. 7, p. 169-182.
- BUSH, M., PIPERNO, D.R., COLINVAUX, P., DE OLIVEIRA, P.E., KRISSEK, L., MILLER, M.C., ROWE, W.E. A 14,300-yr paleocological profile of a lowland lake in Panama. **Ecological Monographs** 62, 251– 275. 1992
- CARDOSO, L. S. e MOTTA-MARQUES, D. The influence of hydrodynamics on the spatial and temporal variation of phytoplankton pigments in a large, sub-tropical coastal lake (Brazil). **Braz. arch. biol. technol.** vol.47, n.4, p. 587-600. 2004.
- CAVATI, B.; FERNANDES, V. **Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno – Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil): variação espacial e temporal** - DOI: 10.4025/actascibiolsoci.v30i4.535. Acta Scientiarum. Biological Sciences, Brasil, 30 nov. 2008. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/535/535>>. Acesso em: 05 set. 2010.
- COLINVAUX, P., DE OLIVEIRA, P. E. , PATIÑO, J. E. M. **Amazon Pollen Manual and Atlas**; 1999. New York. Harwood Publishers. 180 p.
- COSTA, S. V. **Histórico da Eutrofização do Lago das Garças (Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, SP) durante o Século XX com base no Registro de Diatomáceas em Sedimentos**. Tese Doutorado -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo, p. 139 il. 2008.
- CUNHA, M. G. G. & ESKINAZI-LEÇA, E. **Catálogo das Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Plataforma Continental de Pernambuco**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE: SUDENE. 1990. 308p.
- DAVIS, R. B. The scope of Quaternary Paleolimnology. **J. Paleolimnol.**, v. 2, p. 263-283, 1989.
- DAWSON, A. G. **Ice Age Earth. Late Quaternary Geology and Climate**. Routledge, London and New York. 1992. p. 293.
- DE OLIVEIRA P. E. et al. Paleovegetação e paleoclimas do quaternário do Brasil. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S. e DE OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. Riberão Preto SP: Holos Editora. 2005
- DE OLIVEIRA, P.E. **A palynological record of Late Quaternary vegetational and climatic change in southeastern Brazil**. Tese de Doutorado. The Ohio State University, Columbus, Ohio, 238 pp. 1992.
- DE OLIVEIRA, P.E., BARRETO, A.M.F., SUGUIO, K., 1999. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes

of the middle São Francisco River. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology** 152, 319– 337.

DE-OLIVEIRA, P. E. **The paleoecology of Lake Cunro, Ecuador with evidence from diatoms, sedimentary pigments and inorganic cations.** Cincinatti, 1985, 154p. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas – Departament of Biology, University of Cincinatti.

FERNANDES, M.A. **Estudos paleolimnológicos no Lago Dom Helvécio (Minas Gerais) com base na estratigrafia da matéria orgânica sedimentar holocênica.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 154 p.

FERRAZ-VICENTINI, K.R. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia, GO.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 1993. 136 pp.

FLOWER, R. J. Diatoms preservation: experiments and observations on dissolution and breakage in modern and fossil material. **Hydrobiol.** v. 269/270, p. 473-484, 1993.

FÜRSTENBERGER, C. B. **Interpretações paleolimnológicas do Quaternário Recente a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) no sedimento do Rio Icatu, Município de Xique–Xique, estado da Bahia, Brasil.** Rio Claro, 2001. 130 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista, 2001.

GARAY, I.; RIZZINI, C.M. **A Floresta Atlântica de Tabuleiros. Diversidade Funcional da Cobertura Arbórea.** Petrópolis: Editora Vozes, 2004. 255 p.

GARCIA MJ, DE OLIVEIRA PE, SARAIVA R, SIQUEIRA E; A Holocene vegetational and climatic record from the Atlantic rainforest belt of coastal State of São Paulo, Brazil; 2004. **Review of Palynology and Palaeobotany**, v. 131: 181-199.

GOUVEIA, S. E. M. et al. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the Late Pleistocene and the Holocene in the southeast and center-west regions of Brazil. **Global and Planetary Change**. v. 33. p. 95-106. 2002.

GRIMM E. C. Tilia and Tiliagraph: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. **INQUA – Commission for the Study of the Holocene, Working Group on Data-Handling Methods Newsletter**, 1990. v. 4, p. 5-7.

GRIMM, E. C. CONISS: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of the incremental sum of squares. **Pergamon Journal**, 1987. v. 13, p. 13-35.

HALL, R. I e SMOL, J. Diatoms as indicators of lake eutrophication. In: Stoermer, E. F.; Smol, J. P. (Eds). **The diatoms: applications for the environmental and Earth Sciences.** Cambridge University Press, 1999. p. 128-168.

HATUSHIKA, R. S. ; MELLO, C. L. ; SILVA, C. G. ; COSTA, R. V. C. . Aspectos da sedimentação quaternária no lago Juparanã (ES) com base em levantamentos

- sísmicos de alta resolução. In: X CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, GUARAPARI (ES). **ANAIS DO X CONGRESSO DA ABEQUA**. 2005b.
- HATUSHIKA, R. S.; MELLO, C. L. ; SILVA, C. G. . Evidências de atuação neotectônica na formação do lago Juparanã Linhares (ES). In: X CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, GUARAPARI (ES). **ANAIS DO X CONGRESSO DA ABEQUA**. 2005a.
- HATUSHIKA, R. S.; SILVA, C. G.; e MELLO, C. L.; Sismoestratigrafia de alta resolução no Lago Juparanã, Linhares (ES – Brasil) como base para estudos sobre a sedimentação e tectônica quaternária. **Revista Brasileira de Geofísica**. 2007. v. 25, n. 4, p. 433-442.
- HEINSDIJK, D. et al. A floresta do norte do Espírito Santo. DRNR. **Boletim do Setor de Inventários Florestais**, 1965. v. 7, p. 04-68.
- HINO, K; TUNDISI, J. G. REYNOLDS, C. S. Vertical distribution of phytoplankton in a stratified lake (Lago Dom Helvécio) with special reference to the metalimnion. **Jap. Jour. Limnol.** 1986. v. 4, n. 3, p. 239-246
- HUSSEIN, M. C. S. **Reconstrução Paleoambiental do Holoceno da Lagoa Olho D'Água (Recife-PE) Através da Análise Diatomológica**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Guarulhos - Curso de Ciências Biológicas. 86 p. 2004.
- HUSZAR, V. L. M.; WERNECK, A. M.; ESTEVES, F. A. Dinâmica nictemeral (48h) da comunidade fitoplanctônica em relação aos principais fatores abióticos na Lagoa Juparanã, Linhares, Espírito Santo, Brasil: fevereiro de 1987. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 54, n. 1, p. 111-134, 1994.
- JESUS, R.M. A Reserva Florestal da CVRD. In: **Anais do Seminário sobre desenvolvimento econômico e Impacto Ambiental em Areado Tropicó Úmido Brasileiro**. 1988. Rio de Janeiro. v. 1, p. 35-71.
- JOLY, A. B. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. 12ed. São Paulo: Biblioteca Universitária, Companhia Editorial Nacional. 1998. p. 777.
- LALLI, C.M. & PARSONS, T.R. **Biological Oceanography: An Introduction**. Pergamon Press. Oxford. 1993. 301p.
- LEDRU, M. P. **Etude de la pluie pollinique actuelle des forêts du Brésil Central: climat, végétation, application à l'étude de l'évolution paléoclimatique des 30000 dernières années**. Unpublished Ph.D Dissertation, Museum National d'Histoire Naturelle, Paris. 1991
- LEDRU, M.P. et al. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology** 123, 239– 257. 1996.
- LEDRU, M.P. Late Quaternary Environmental Changes in Central Brazil. **Quaternary Research**. 39, 90–98. 1992.

- LISITZIN, A. P. Distribution of siliceous microfossils in suspension and in bottom sediments. In: **The Micropaleontology of oceans**. (ed. B.M. Funnel e W.R. Riedel) Cambridge University Press, Cambridge. p. 173-196. 1971.
- LOBO, E. A. et al. **Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do guaiíba, RS, Brasil. Santa Catarina do Sul**. EDUNISC. p. 127. 2002.
- LYELL, C. **Principles of Geology, being na attempt to explain the former changes of the Earth's surface by reference to causes now in operation**. Londres: Murray. (1830-1833).
- MARTIN, L. et al. Quaternary evolution of the central part of the Brazilian coast: The role of relative sea-level variation and of shoreline drift. In: **UNESCO. Reports in Marine Science: Quaternary coastal geology of Western Africa and South America**. v. 43, p. 97-145. 1987.
- MARTIN, L. et al. Reconstituição de antigos níveis marinhos do Quaternário. **Publicação especial da Comissão Técnico-Científica do Quaternário. Sociedade Brasileira de Geologia (SBG)**. São Paulo, 1982b, 154p.
- MARTIN, L. et al. Southern oscillation signal in South American paleoclimatic data of the last 7000 years. **Quaternary Research**. v. 39, p. 338– 346. 1993.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; SUGUIO, K. Oscilações ou não oscilações eis a questão. In: **Congresso da ABEQUA, 6**. Resumos Expandidos do VI Congresso da ABEQUA. Curitiba: 1997. p. 99-104.
- MARTINELLI, L. A. et al. Carbon-13 variation with depth in soils of Brasil and climate change during the Quaternary. **Oecologia**. v. 106, p. 376-381.
- MARTINS, F.C.O.; FERNANDES, V.O. Estrutura da comunidade de algas perifíticas em substrato natural da lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. **Neotrop. Biol. Conserv.**, São Leopoldo, v. 2, n. 1, p. 11-20, 2007.
- MELLO, C. L.; RODRIGUES, H. B. ; HATUSHIKA, R. S. . Tectônica quaternária e anomalias de drenagem na região centro-norte do Espírito Santo. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, guarapari (es). **ANAIS DO X CONGRESSO DA ABEQUA**. 2005
- MOREIRA, I. M. V. Contribuição ao estudo das Bacillariophyceae (Diatomáceas) em diatomitos brasileiros. **Actas de Biologia do Paraná**. Curitiba. 4 (3/4): 135–198, 1975.
- MORO, R. S. Diatomáceas e indicações paleoclimáticas. In: Reunião Brasileira de Ficologia, 9, Santa Cruz/Aracruz, 02 a 06 de mar. 2002. **Resumos da IX Reunião Brasileira de Ficologia**. Santa Cruz/Aracruz: 2002, p. 21.

- MORO, R. S. **Interpretações paleoecológicas do quaternário através da análise de diatomáceas (bacillariophyta) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, PR.** Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. UNESP – Rio Claro. p. 141. 1998.
- MORO, R. S.; FURSTENBERGER, C. B. **Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas.** Ponta Grossa: UEPG, 1997. 282 p.
- MOSS, B. **Ecology of freshwater.** Blackwell Scientific publications, Oxford, V.C., 332p, 1988.
- NASCIMENTO, T. C. **Palinoflora holocênica da Região da Lagoa de Juparanã, Linhares (ES), e seu significado paleoambiental.** Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas). Universidade Guarulhos. Guarulhos SP. 2010. p. 72.
- OWEN, R. B. e CROSSLEY, R. Spatial and temporal distribution of diatoms in sediments of Lake Malawi, Central África, and ecological implications. **Journal of Paleolimnology**, v.7, p. 55-71, 1992
- PAASCHE, E. (1980) Silicon. In: **The Physiological Ecology of Phytoplankton.** Studies in Ecology 7. (ed. 1 Morris) Oxford: Blackwells p 259-284.
- PARIZZI, M.G., **A gênese e a dinâmica da Lagoa Santa com base em estudos palinológicos, geomorfológicos e biológicos de sua bacia.** Dissertação de mestrado. Univ. Federal de Minas Gerais, p. 55. 1994.
- PATRICK R. e REIMER C. W. 1975. **The Diatoms of the United States.** Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia part I, Pennsylvania, 213 pp.
- PATRICK, R. & REIMER, C. W. **The Diatoms of the United States.** Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. part I, Pennsylvania, 688p. 1966.
- PESSENDA, L; DE OLIVEIRA, P. E.; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V. B. GARCIA, R. J. F.; ARAVENA R, et al. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research.** 2009. v. 71. p. 437-452.
- PILSKALN, C. H., JOHNSON, T.C. (Eds). **Limnology and Oceanography**, v. 36, p. 544-557, 1991.
- PONTES M.C.F. **Produção primária fitoplancton e fatores ambientais no Lago Dom Helvetio, Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. 1980. 239 p
- RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais. Volume 34. Folha SE. Rio Doce. Geológica, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra.** Rio de Janeiro: Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 1987.

- RAYMONT, J. E. G. **Plankton and Productivity in the Oceans**. Int. Series of Monographs on Pure and Applied Biology: Zoology. A. Pergamon Press Book. The Macmillan Co. New York. 1963.
- RIENDIGER, M. **Mid-Holocene lake level fluctuations: a fossil diatom record from Ecuadorian Amazonia**. Cincinnati. Tese de Doutorado. University of Cincinnati. 1992. p. 292
- ROESSLER, P. G. Effects of silicon deficiency on lipid composition and metabolism in the diatom *Cyclotella cryptica*. **J Phycol.** 1988. v. 24. p. 394-400.
- ROUND, F. E. **Biologia das Algas**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983 p. 263.
- ROUND, F. E.; CRAWFORD, R.M.; MANN,D.G. **The diatoms: biology and morphology of the genera**. New York: Cambridge University Press, 1990. 747p.
- RUIZ-MORENO, J.L.; CARREÑO, A.L. Diatom biostratigraphy of Bahia Asunción, Baja California Sur, México. **Revista Mexicana de Ciências Geológicas**. v. 11, n. 2, p. 243-252. 1994.
- SALGADO-LABOURIAU, L., CASSETI, V., FERRAZ-VICENTINI, K.R., MARTIN, L., SOUBIE`S, F., SUGUIO, K., TURCQ, B., 1997. Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology** 128, 215– 226.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. 1994. **História Ecológica da Terra**. São Paulo: EDUSP-Edgard Blücher. 280 p.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Crítérios e Técnicas para o Quaternário**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2007. 387p.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L., VICENTINI, K.R.F., BARBERI, M., PARIZZI, M.G. A dry climatic event during the Late Quaternary of Tropical Brazil. **IX Int. Palynol. Congr.**, Houston, TX (abstract). 1996.
- SCHWARZBOLD, A. **Efeitos do regime de inundação do rio Mogi-Guaçu (SP) sobre a estrutura, diversidade, produção e estoque do perifíton na lagoa do Infernã**. 1992. Tese (Doutorado em Ciências)–Programa de Pós-graduação em Ecologia e recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1992.
- SNOEIJIS, P. 1999. Diatoms and environmental change in brackish waters. Pp. 298-333. In: E.F Stoerner & J.P. Smol. (eds.). **The diatoms: applications for the environmental and earth sciences**. Cambridge, University Press.
- SNOEIJIS, P. Diatoms and environmental change em brackish water. In STOERMER, E. F. e SMOL, J. P. (Eds.). **The diatoms: applications for the environmental and earth sciences**. Cambridge, Cambridge University Press, p. 469. 2001.
- SOUZA, C. R. G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., DE OLIVEIRA, P. E; 2005. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Editora Holos. 378 P.

STOERMER, E. F. e SMOL, J. P. 2001. **The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences**. Cambridge University Press, 469 pp.

SUGUIO K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais: passado + presente = futuro?** Paulos's Comunicação e Artes Gráficas, São Paulo, 366p. 1999.

SUGUIO K.; MARTIN L. Quaternary marine formations of the States of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: USP, **International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary**, Special Publication. v. 1, n. 55. 1978a.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. p. 1222. 1998.

SUGUIO, K. e KOHLER, H. C. Quaternary Barred Lake Systems of the Doce River (Brazil). **An. Acad. Bras. Ciênc.** 1992. v. 64. n. 2. p. 183–191.

SUGUIO, K. et al. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: SOUZA, C. R., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A. M. S., DE OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Editora Holos. 2005. 378 P.

SUGUIO, K. et al. The evolution of the continental and coastal environments during the last climatic cycle in Brazil (120 ky B. P. to present). **Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Série Científica**. v. 24, p. 27-41. 1993.

SUGUIO, K. et al.. 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**. v. 15, p. 273-286. 1985.

SUGUIO, K. Influence of the "Hypsithermal Age" and "Neoglaciation" climatic conditions on the Brazilian coast. **Pesquisas em Geociências**. Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 213-222, 2001.

SULLIVAN, C. W. e VOLCANI, B. E. Silicon in the cellular metabolism of diatoms. In Simpson, T. L. & Volcani, B. E. [Eds.] **Silicon and Siliceous Structures in Biological Systems**. Springer-Verlag, New York, 1981. p. 15–42.

TAGUCHI, S., HIRATA, J. A. e LAWS, E. A.. Silicate deficiency and lipids synthesis of marine diatoms. **J. Phycol.** 1987. v. 23. p. 260–267.

TURCQ, B. et al. Amazonian rainforest fires: a lacustrine record of 7,000 years. **Ambio**. v. 27, p. 139-142. 1998.

VIDOTTO, E., reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no parque estadual da ilha do cardoso – sp durante o quaternário tardio. Tese de doutorado, centro de energia nuclear na agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 199p. 2008

WERNER, D. **Regulation of metabolism by silicate in diatoms**. In: **Biochemistry of Silicon and Related Problems**. Ed. G. Bendz e I Lindqvist. New York Plenum Press. 1978. p. 149-176.

WERNER, D. Silicate metabolism. In: Werner, D.[Ed.] **The Biology of Diatoms. Botanical Monograph**. Vol.13. University of California Press, Berkeley, 1977. p. 110–49.

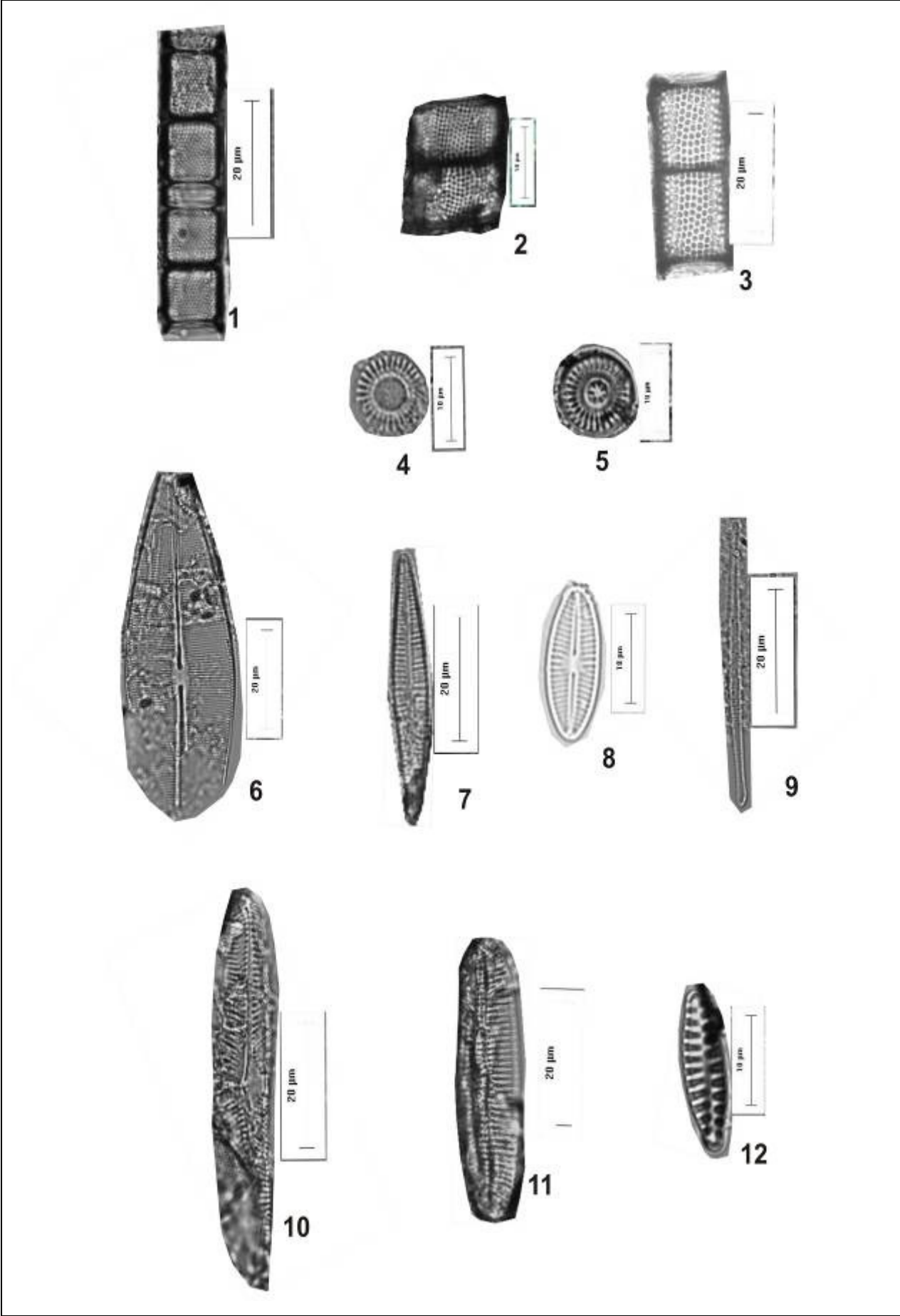
WETZEL, R.G. Recommendations for future research on periphyton. In: WETZEL, R.G. (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. The Hague: Junk, 1983. p. 339-346.

YIM, W.W. S.; LI, J. Diatom preservation in an inner continental shelf borehole from the South China Sea. **Journal of Asian Earth Sciences**. v. 18, n. 4. p. 471-488. 2000. BARBERI-RIBEIRO, M. **Paleovegetação e paleoclima no Quaternário Tardio da Vereda de Águas Emendadas, DF**. Dissertação de Mestrado, Brasília, Universidade de Brasília, 110 pp. 1994.

ANEXO 1 – ESTAMPAS

ESTAMPAS

1. *Aulacoseira italica*
2. *A. distans*
3. *A. granulata*
4. *Cyclotella meneghiniana*
5. *Discostella stelligera*
6. *Navicula cuspidata*
7. *Navicula* sp
8. *Navicula suminuscula*
9. *Eunotia flexuosa*
10. *Pinnularia divergens*
11. *Pinnularia viridis*
12. *Surirella* sp



ANEXO 2 – DADOS DE CONTAGEM

Espécie/Amostra	0	20	40	60	80	96,5	116,5	136,5	156,5	166,5	176,5	192	212	232	252
<i>Aulacoseira distans</i>	0	0	0	0	0	909,474	12836,6	127872	0	67968	566784	273024	73920	133056	41472
<i>A. italica</i>	0	0	17220,9	39494,4	0	19826,5	203904	1171584	312768	385920	1582848	1679616	2042304	625152	720576
<i>A. granulata</i>	0	0	20713,8	71174,4	0	9094,74	63195,4	442368	124416	142848	832896	463104	394944	274560	221184
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	4630,15	4646,4	0	0	0	0	0	0	24192	0	0	0	0
<i>Discostella stelligera</i>	0	0	487,385	0	0	1333,89	987,429	0	0	0	0	0	29568	4224	0
<i>Eunotia flexuosa</i>	0	0	0	0	0	181,895	0	0	0	0	0	13824	78144	221760	0
<i>Navicula cuspidata</i>	0	0	0	211,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula subminuscula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4224	0	0
<i>Navicula sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6912	0	0	0	0
<i>Pinullaria divergens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10368	0	0	0	0
<i>Pinullaria viridis</i>	0	0	81,2308	0	0	0	1974,86	0	0	0	0	3456	14784	4224	6912
<i>Surillela sp</i>	0	0	0	422,4	0	121,263	3456	24192	0	0	0	3456	0	12672	12096
TOTAL	0	0	43133,5	115949	0	31467,8	286354	1766016	437184	596736	3024000	2436480	2637888	1275648	1002240

Espécie/Amostra	272	362	382	402	422	442	452	457	477	497	517	537	551	571	591
<i>Aulacoseira distans</i>	50112	23712	17472	17784	14352	1872	2371	14664	10400	19344	21216	2080	9360	11232	0
<i>A. italica</i>	597888	215904	146848	128856	152672	62712	45677	135096	153504	230256	255840	53872	65832	73454	65988
<i>A. granulata</i>	262656	80496	46595	42744	39312	26208	14602	41184	38688	56160	76752	18824	28392	26743	26520
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	3432	2246	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Discostella stelligera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4992	7488	0	0	0	0
<i>Eunotia flexuosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9568	23712	0	0	0	0	0
<i>Navicula cuspidata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104	0	0	0
<i>Navicula subminuscula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp 3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinullaria divergens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	624	0	0	0	0
<i>Pinullaria viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1872	0	0	0	0	0
<i>Surillela sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4992	0	0	0	0	0	0
TOTAL	910656	320112	210915	189384	206336	94224	64896	190944	217152	336336	361920	74880	103584	111429	92508

Espécie/Amostra	611	631	647,5	667,5	687,5	707,5	717,5	727,5	734,5	754,5	774,5	794,5	814,5	833
<i>Aulacoseira distans</i>	6953	6597	5616	13104	16224	19344	14352	16848	47424	102336	46176	11232	13728	1872
<i>A. italica</i>	77376	72206	58500	117000	170560	232752	232128	238368	295776	453024	345072	264576	215904	61464
<i>A. granulata</i>	18185	27456	15132	31824	54496	64272	63648	68016	150384	114816	220896	101088	94848	17004
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Discostella stelligera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2496	11232	0	0	0	0
<i>Eunotia flexuosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52416	0	0	0	0
<i>Navicula cuspidata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula subminuscula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	624	0	0	0
<i>Navicula sp 3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1248	0	0	0	0
<i>Pinullaria divergens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1248	0	0	0	0
<i>Pinullaria viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7488	2496	0	0	0
<i>Surillela sp</i>	0	0	0	0	0	2496	5616	0	0	13728	0	0	0	0
TOTAL	102514	106259	79248	161928	241280	318864	315744	323232	496080	757536	615264	376896	324480	80340