

**ECOLOGIA DE DIATOMÁCEAS DO RESERVATÓRIO CABUÇU, GUARULHOS, SP-
QUALIDADE DA ÁGUA, SAZONALIDADE E CORRELAÇÃO COM PARÂMETROS FÍSICOS
E QUÍMICOS.*****ECOLOGY OF RESERVOIR DIATOMS CABUÇU, GUARULHOS, SP –
WATER QUALITY, AND CORRELATION WITH SEASONAL AND PHYSICAL PARAMETERS
CHEMICALS.***Vauber dos Santos BARBOSA¹

RESUMO: O principal objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água do Reservatório Cabuçu, Guarulhos – SP, Brasil, importante manancial de abastecimento público, a partir do conhecimento sobre a ecologia de algas diatomáceas. Este estudo, que apoia-se na condição desses organismos como bioindicadores, quantificou comunidades de diatomáceas perifíticas e correlacionou dados qualitativos e quantitativos com parâmetros físico-químicos e biológicos, utilizados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, para avaliar a qualidade da água, neste caso o Índice de Qualidade de Água – IQA. Foram feitas coletas mensais de diatomáceas em raízes de plantas de *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Polygonum* sp. no período de outubro de 2007 a novembro de 2008. Após o tratamento químico das amostras as algas foram identificadas e os seus requerimentos ecológicos levantados a partir da literatura científica. Os dados foram avaliados junto aos dados físico-químicos, biológicos e ao IQA obtidos concomitante por outros autores para o mesmo período de tempo. Foram observadas alterações sazonais nas estruturas das comunidades diatomáceas, alterações em parâmetros químicos e biológicos relacionados à qualidade da água. Muito embora tenham ocorrido oscilações nas estruturas das comunidades, estas não podem ser atribuídas às variações ambientais, que também não causaram interferências importantes na qualidade da água. Sendo assim, reflexos da ocupação urbana nas proximidades do Reservatório não foram percebidos através dos organismos estudados avaliando a qualidade ambiental do reservatório em conformidade com o índice de qualidade de água proposto. Pelo fato de ter águas oligotróficas, ser circundado por vegetação protegida por lei e possuir uma contribuição oriunda de bacias não impactadas, a dimensão da atividade antrópica, apesar de existente, ainda não comprometeu a qualidade da água e pode justificar a presença de táxons estritamente eutróficos inclusive em meses de maior precipitação no reservatório.

Palavras-chave: Diatomáceas. Reservatório Cabuçu. Bioindicadores. IQA.

ABSTRACT: The main objective of this study was to assess water quality in the Cabuçu Reservoir, an important source of drinking water supply, in the city of Guarulhos, State of São Paulo, Brazil, based on the ecology of diatom algal taxa. This study, supported by the bio-indicator condition of such algae, quantified monthly periphytic taxa and correlated them with qualitative and quantitative data with physical-chemical and biological parameters, used by CETESB- The State of São Paulo Company of Environmental Control, in order to evaluate water quality, in this case the IQA, i.e. water quality index. Monthly sampling of diatom communities in roots of *Eichhornia crassipes* and *Polygonum* sp. plants was conducted from October 2007 to November 2008. After standard chemical treatment of samples, diatom taxa were identified and their ecological requirements determined through a revision of the literature. The diatom data were correlated to physical-chemical and biological parameters and their suggested IQA, obtained by other authors for the same time period. Seasonal changes were observed in the structure of diatom communities, and in the chemical and biological parameters related to water quality. Despite these changes, these could not be explained by environmental changes, which also did not interfere with the water quality. Therefore, the reflexes of urban occupation in the proximity of the Reservoir were not detected by means of the diatom communities. Due to the fact that these reservoir, containing oligotrophic waters, is surrounded by protected vegetation and has and input from non impacted contributing basins, the dimension of the anthropic activity, did not compromised the overall water quality and can therefore be used to justify the presence of strictly eutrophic taxa, also during months of high precipitation.

Keywords: Diatoms. Cabuçu Reservoir. Bioindicators. IQA.

1 - Laboratório de Palinologia e Paleobotânica / Programa de Mestrado em Análise Geoambiental / UnG. E-mail: vauber@ig.com.br.

INTRODUÇÃO

Atualmente muitas referências têm sido feitas a respeito da disponibilidade de água no planeta, tanto instituições públicas, quanto privadas, instituições de pesquisa como a mídia em geral demonstram preocupação a cerca desse recurso natural tão importante e vital.

Organizações internacionais como a United Nations Educational Scientific and Cultural Organization - UNESCO (2009) reportam através do terceiro relatório de desenvolvimento da água no mundo World Water Development Report 3- a importância desse recurso natural para o desenvolvimento sócio-econômico da população mundial.

No Brasil a preocupação é crescente, seja pela possível futura escassez alarmada pelos longos períodos de estiagem em algumas regiões, conseqüentes das mudanças climáticas, ou ainda por processos industriais poluentes e degradações provocadas por grandes projetos imobiliários e rodoviários nas grandes cidades.

Segundo Tundisi e Tundisi (2008), a região metropolitana de São Paulo - RMSP é servida por 23 reservatórios de abastecimento de água que, além dessa função, são utilizados para recreação, pesca, produção de hidroeletricidade e turismo. Esses sistemas são pressionados permanentemente pelos seguintes impactos: fontes pontuais e não pontuais de fósforo e nitrogênio, degradação das margens e da zona litoral, desmatamento, descarga de resíduos sólidos, sedimentação, descarga de substâncias tóxicas, poluição atmosférica, ocupações urbanas extensas.

Diante desta realidade, e em paralelo a observar o quadro sócio-ambiental brasileiro, já evidenciado por De Almeida et al.(1993), onde o crescimento urbano relaciona-se à ocupação não planejada e a urbanização descontrolada de bacias hidrográficas, a preocupação aponta para o uso sustentável dos recursos hídricos nas grandes metrópoles.

Dentro do conceito de sustentabilidade outros fatores pontuais podem ser considerados além da pressão climática e a ocupação

desordenada: áreas que circundam os reservatórios urbanos e seus tributários sofrem com os problemas de origem antrópica, causados pela produção de lixo e esgoto sanitário insuficientemente geridos, que afetam o equilíbrio dos ambientes aquáticos e a qualidade da água que abastece a população.

Nessa situação se apresentam os mananciais dos municípios da região metropolitana de São Paulo, como em destaque os que compõem o sistema de abastecimento de água do município de Guarulhos – SP, onde está localizado o Reservatório Cabuçu, um dos grandes corpos d água que abastece os moradores dessa cidade.

Em Guarulhos o órgão responsável pelo monitoramento dos reservatórios é o Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, que em conjunto com a Companhia de Saneamento Básico de São Paulo - SABESP e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB monitora periodicamente a qualidade da água de todo sistema de abastecimento do município, através de análises químicas, físicas e biológicas. A partir destas são estabelecidas medidas necessárias de prevenção e tratamento a fim de garantir a condição saudável desse produto para seus usuários.

Dessa forma, e em paralelo com as ações gerenciais dos órgãos competentes citados, estudos específicos que avaliam a qualidade do meio aquático e dos organismos que ali habitam oferecem subsídios ao monitoramento dos mananciais.

Assim, segue a linha da bioindicação utilizada com algas diatomáceas, que estabelece índices de qualidade ambiental a partir da orientação proveniente dos resultados das pesquisas com essas algas em ambientes aquáticos. Publicações internacionais reforçam esta linha de pesquisa tais como Coste et al.(2009) na França, e referências a índices europeus reportadas por (FEIO et al, 2009).

No município de Guarulhos, Moutinho (2007), Graça (2007) e Oliveira (2008) examinaram a flora diatomácea presente no Reservatório Cabuçu, Lago Estância das Águas

Claras e Tanque Grande, respectivamente, para avaliar a qualidade de água desses sistemas aquáticos, em estudos que relacionam dados biológicos e físico-químicos tais como: temperatura da água, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido.

Quanto ao estado trófico, esses estudos revelaram condições que variaram de ambientes oligotróficos, lagos com baixa concentração de nutrientes e baixa produtividade biológica, a mesotróficos, lagos com características intermediárias entre oligotróficos e eutróficos, estes últimos eutrofizados pela alta concentração de nutrientes e alta produtividade biológica, embora em algumas épocas do ano fossem observados aumentos significativos de táxons eutróficos.

Segundo Oliveira (2008), a qualidade da água do Reservatório Tanque Grande está intimamente relacionada à precipitação, de forma que nos meses de inverno, com precipitação reduzida, há o predomínio de diatomáceas características de condições oligotróficas. O inverso, ou seja, o aumento de táxons eutróficos, segundo a autora, ocorre predominantemente nos meses de verão quando o aporte de nutrientes alóctones é maior.

No caso do Reservatório Cabuçu, Moutinho (2007) relata que os dados alcançados são coerentes com o monitoramento executado pelo SAAE, que classificou a água do Reservatório como classe I, aquela que pode ser consumida após tratamento simples, assim como pode ser utilizada para irrigação de hortaliças, recreação de contato primário e proteção da vida aquática, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357 (2005), órgão ligado ao Ministério do Meio Ambiente que classifica o corpo d' água de acordo com o seu comprometimento e fins de utilização.

Na direção das pesquisas adotadas anteriormente para os mananciais da região, este estudo concentra-se na avaliação temporal de índice trófico de ambientes aquáticos, em paralelo com as análises físicas e químicas realizadas durante o estudo, e que são utilizadas para determinação de índices de controle de

qualidade da água.

Este estudo reconhece prioritariamente a possibilidade de bioindicação com a pesquisa da ecologia de algas diatomáceas em ambiente aquático, bem como, o conhecimento de muitos requerimentos ecológicos dessas algas descrito na literatura Moro e Furstenberger (1997). O estudo passa pela identificação dos indivíduos, a aferição de parâmetros físicos e químicos e a interpretação das correlações e sazonalidade dos resultados observados.

OBJETIVOS

O principal objetivo deste estudo é determinar a qualidade da água do Reservatório Cabuçu, município de Guarulhos, SP, Brasil, baseado no conhecimento dos requerimentos ecológicos de algas diatomáceas. Para tal, é necessário identificar os organismos, avaliar seus requerimentos e suas preferências ecológicas, as variações qualitativas e quantitativas das comunidades, no período de um ano, comparativamente aos dados de parâmetros físicos, químicos e biológicos aferidos neste período para a determinação de índice de qualidade de água, IQA proposto pela CET-ESB (2006).

Posterior a este, discutir as possíveis causas dessas variações, de forma que a relevante característica de bioindicação das diatomáceas possa oferecer subsídios ao monitoramento da qualidade da água dos reservatórios e otimização dos recursos públicos utilizados no tratamento da água para abastecimento público no município de Guarulhos, além da contribuição direta para um melhor entendimento dos fatores que controlam a vida das algas diatomáceas nos ecossistemas aquáticos dulciaquícolas.

DIATOMÁCEAS E SUA APLICAÇÃO COMO BIOINDICADORES

O emprego de bioindicadores é explorado em vários países. Monteith e Evans (2005) reportam o uso de diatomáceas na Rede de Monitoramento de Água Ácidas do Reino

Unido, estabelecido em 1998. Neste caso as diatomáceas são analisadas, não somente para indicar o impacto das emissões ácidas, como também, a resposta de regeneração dos sistemas aquáticos.

Feio et al.(2009) realizaram estudo em Portugal onde avaliaram vários índices utilizados na Comunidade Europeia com diatomáceas o Índice de Sensibilidade a Poluição – SPI, Índice Biológico de Diatomáceas – BDI, Índice da Comunidade Econômica Europeia-ICEE, Índice Geral de Diatomáceas – IGD; comparados a um modelo preditivo – MODI, que avalia diatomáceas de ambientes perturbados com organismos de ambientes referenciados e preservados.

Gomes et al.(2008) utilizou comunidades diatomáceas para avaliar o impacto causado por despejos de indústria têxtil e os efeitos na integridade biótica, em corpos de água na Suécia.

Estudos comparativos de poluição severa causada por impactos industriais à integridade ambiental de rios na Etiópia são relatados por Beyene et al.(2009).

Bigler e Hall (2003) relataram o emprego de diatomáceas como indicadores quantitativos da temperatura na Suécia, para estimar mudanças pretéritas no regime de temperaturas naquele país no último século.

Nos Estados Unidos, além do emprego no monitoramento da qualidade da água para abastecimento, Lane et al.(2007) reportam o uso de espécies de diatomáceas no monitoramento de condições hidrológicas de áreas alagadas.

Recentemente, Tinson et al.(2008) relacionaram o estresse causado pela poluição da água com a estrutura de comunidade de diatomáceas em rios, e propuseram uma lista de 305 táxons e sua sensibilidade em seis contextos de poluição. Dentre os táxons listados pelos autores, quatro aparecem em lagos da região urbana de Guarulhos como, por exemplo, as espécies eutróficas, *Melosira varians* e *Cyclotella pseudostelligera*, e as oligotróficas *Brachysira vítrea* e *Eunotia bilunaris* como mostram os trabalhos de Oliveira (2008)

e Moutinho (2007). Contudo alguns pesquisadores questionam a interpretação ambiental de diatomáceas a partir de trabalhos científicos do Hemisfério Norte (COSTA, 2008).

Embora poucos, os estudos realizados com diatomáceas como bioindicadores nos sistemas aquáticos do município de Guarulhos sugerem uma maior ocorrência de táxons eutróficos nos meses de verão quando é maior a precipitação, que por sua vez, favorece a contaminação dos recursos hídricos por redes de esgoto clandestinas ou pelo impacto antrópico devido ao uso do reservatório como balneário. Oliveira (2008) associou o aumento da eutrofização também aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo nas bacias contribuintes do Reservatório Tanque Grande. Um deles refere-se à presença de pesqueiros que utilizam grande quantidade de ração para peixes, rica em fósforo.

Nos estudos em que se empregam as diatomáceas como bioindicadores de parâmetros ambientais, a identificação correta dos táxons é primordial. Em estudos taxonômicos emprega-se um nível de exame de alta resolução, que é proporcionado pela microscopia eletrônica (ROUND; CRAWFORD; MANN, 1990). Contudo, em estudos ambientais onde a análise tem que ser conduzida em tempo relativamente curto, emprega-se a microscopia ótica em aumentos de no mínimo 1.000 x; com objetiva de 100 X, em imersão a óleo (ROUND, 1983).

LOCALIZAÇÃO

O Reservatório Cabuçu, localizado no núcleo Cabuçu, município de Guarulhos, SP, a 760 m de elevação entre as coordenadas 23°24'06"S e 46°31'56"W, encontra-se no Parque Estadual da Cantareira (PEC), em trechos dos municípios de Mairiporã, Caieiras e Guarulhos (LACAVA, 2007; MOUTINHO, 2007) como mostram as Figuras 1, 2 e 3. Segundo Lacava (2007), o reservatório foi construído em 1907 para o abastecimento da cidade de São Paulo, e foi desativado em 1970. No ano de 2000 o reservatório voltou a funcionar e abas-

tece uma população próxima de 100 mil habitantes do município.

Atualmente, segundo Lacava (2007) e Moutinho (2007), o reservatório é responsável por 6% do abastecimento do município

Guarulhos e conta com uma vazão de 240 a 300 l/s com volume de $1,767 \times 10^6$ l, distribuídos em 1500 metros de comprimento por 400 metros de largura, área total de 20 ha.

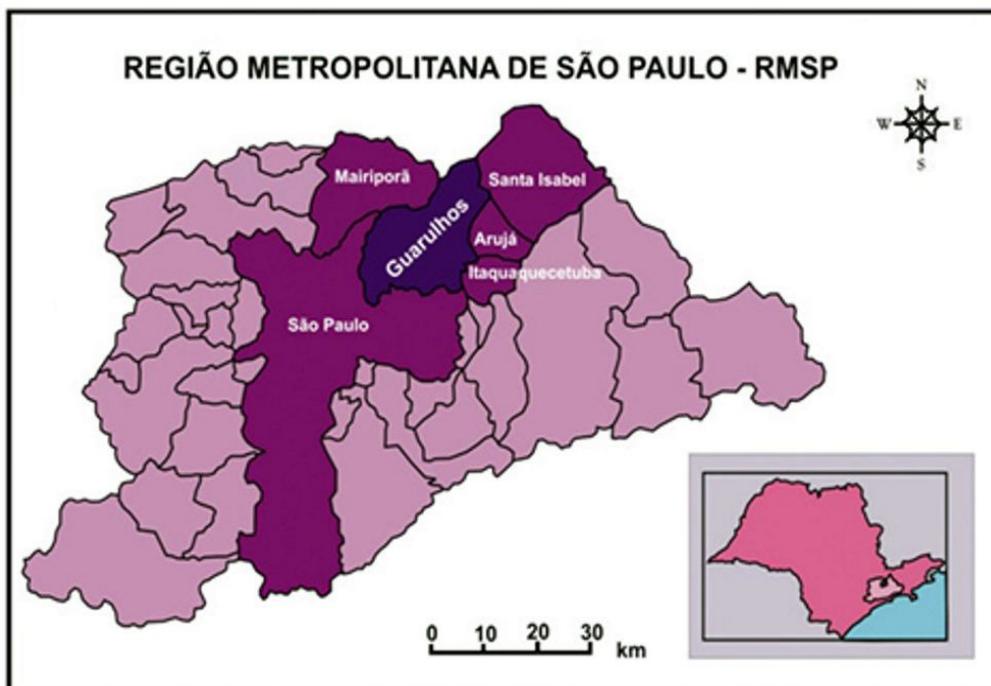


Figura 1: Município de Guarulhos, inserido na RMSP. Fonte: Ayres (2007)

Figure 1: Guarulhos County, inserted in the MRSP. Source Ayres (2007).

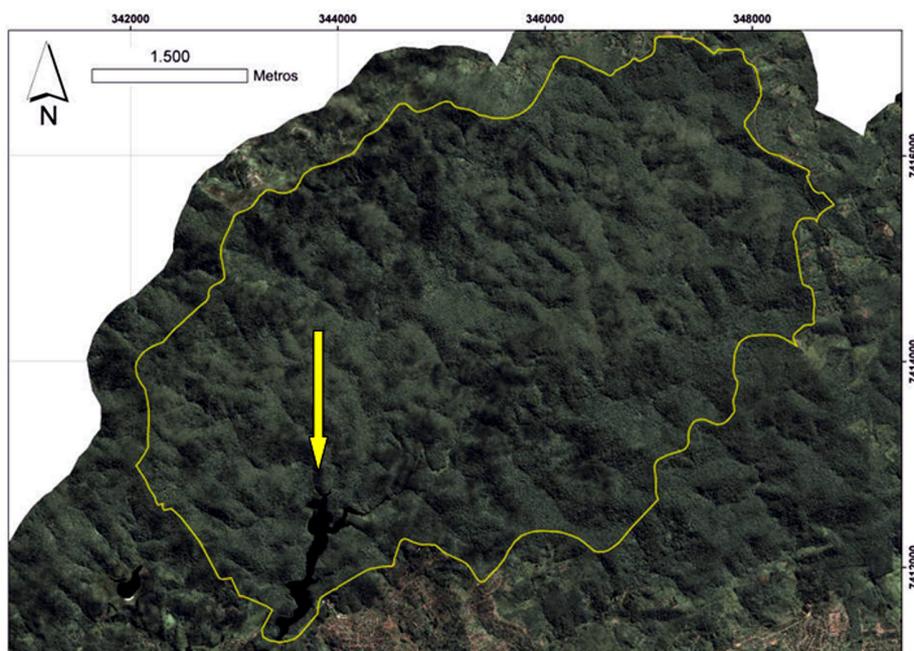


Figura 2: Localização do Reservatório Cabuçu (flecha), inserido na Bacia do Cabuçu de Cima, identificada pela linha amarela. Fonte: Lacava (2007).

Figure 2: Cabuçu Reservoir Location (arrow), inserted Cabuçu de Cima Basin, identified by the yellow line. Source: Lacava (2007).

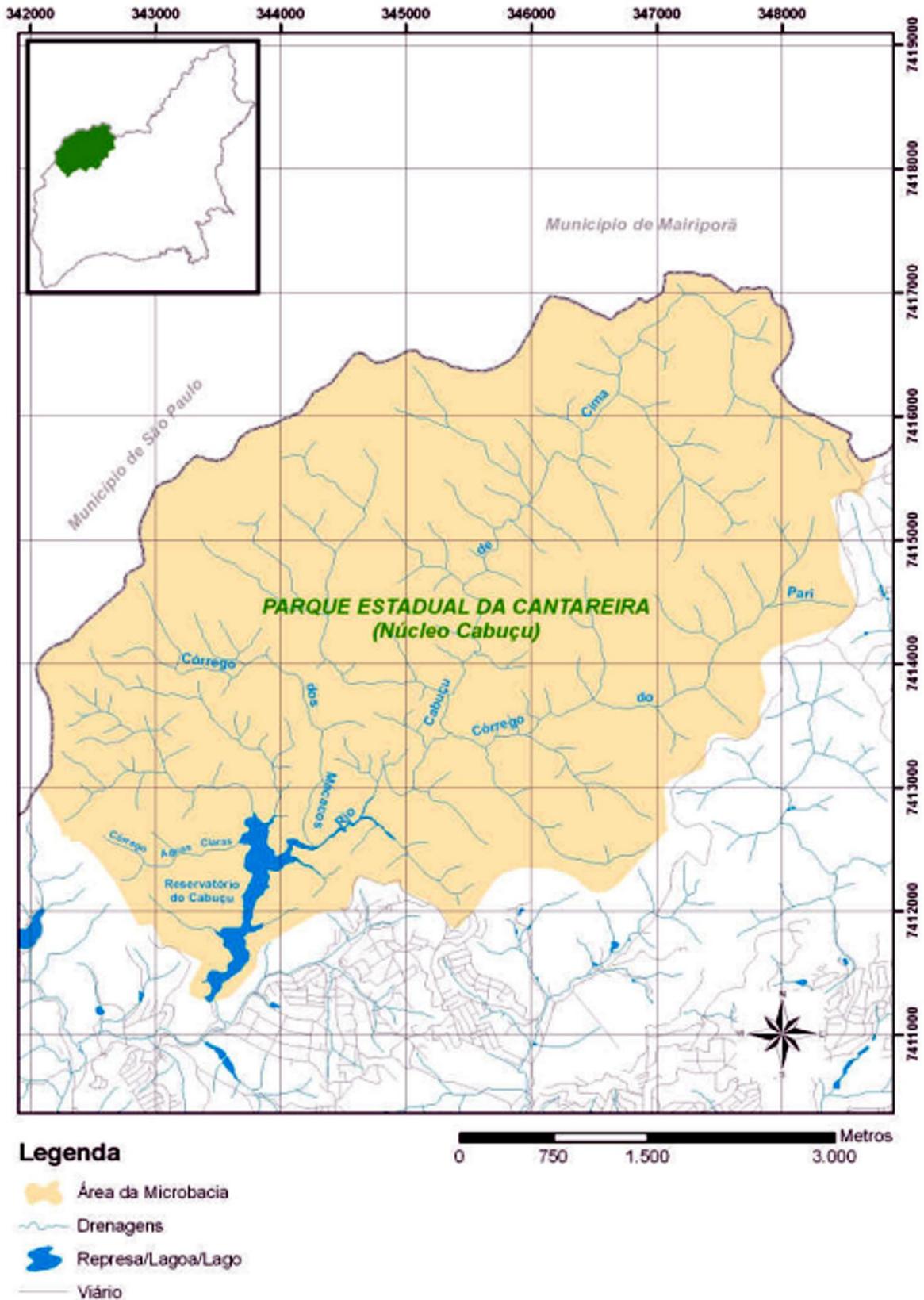


Figura 3: Microbacia Cabuçu-Parque. Fonte: (Oliveira et al., 2005)

Figure 3: Cabuçu-Parque Watershed. Source: (Oliveira et al., 2005)

MATERIAL E METODOS

Coleta e tratamento químico das valvas diatomáceas

As coletas de diatomáceas do Reservatório Cabuçu foram realizadas no perifiton, a partir da raspagem de raízes de plantas e caules submersos de macrófitas como *Eichornia crassipes* (aguapé) e *Polygonum* sp as margens da represa (Figura 4).

Nos meses que as macrófitas estiveram ausentes, foram coletadas amostras do epilíton, com a raspagem de algumas rochas submersas nas margens do reservatório e posterior acondicionamento do material em sacos plásticos devidamente identificados. Estes foram levados ao Laboratório de Palinologia e Paleobotânica da Universidade Guarulhos, onde foram armazenados a 7°C até a preparação das lâminas.

O tratamento químico das amostras de acordo com o método descrito por Battarbee

(1986) foi realizado no Laboratório de Palinologia e Paleobotânica Prof. Dr. Murilo Rodolfo de Lima, da Universidade de Guarulhos e envolveu primeiramente a oxidação do material orgânico intracelular das frústulas, para facilitar a visualização e identificação dos táxons. Para este fim, as amostras foram depositadas em béqueres de 500 ml, aos quais se adicionou peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 30 volumes. Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa à temperatura de 40°C por 24 horas. O resíduo obtido foi então submetido a cinco lavagens com água destilada, seguidas de decantação, em intervalos de 24 horas para remover o resíduo da água oxigenada e restaurar o pH da solução.

O material processado, oxidado e livre do excesso de resíduos e matéria orgânica, foi então utilizado na preparação das lâminas para a identificação e contagem dos táxons ao microscópio óptico. A parte restante do material processado foi arquivada em geladeira no referido laboratório.



Figura 4: Vista da margem, a partir do setor sul do Reservatório Cabuçu. Fonte: Autor.

Figure 4: View margin from the southern sector Reservoir Cabuçu. Source: Author.

Preparação das lâminas, identificação, contagem e representação gráfica

A preparação das lâminas permanentes foi feita sobre chapa aquecedora (modelo Type 1000 Stir Plate – Thermolyne) a 50°C, onde foram colocadas lamínulas recobertas por água destilada. Nelas, foram adicionadas de 10 a 15 gotas, em média, do resíduo de cada amostra processada, e 1 gota de álcool etílico a 96° GL, para distribuição homogênea do material (Round, 1983).

Após a secagem, adicionou-se 3 gotas de resina do meio Zyrax, específico para a preparação do material definitivo. Na seqüência cada lamínula foi emborcada e conseqüentemente aderida a uma lâmina de vidro e deixada a secar por 7 dias.

Para garantir um bom padrão representativo da flora diatomácea encontrada no Reservatório Cabuçu, foram contadas 500 valvas inteiras. Frústulas completas foram consideradas como duas devido à presença das valvas correspondentes à epivalva e à hipovalva (BATTARBEE, 1986). Para cada ponto amostral foram preparadas 5 lâminas e foram contadas 100 valvas de diatomáceas por lâmina para totalizar as 500 valvas.

As valvas foram contadas respeitando-se transectos verticais, separados por dois campos óticos entre si, para que não se repetisse a contagem de valvas anteriormente visualizadas.

Os dados percentuais de cada táxon foram representados graficamente através da confecção de diagramas elaborados com o emprego dos programas computacionais Tília e TíliaGraph (GRIMM, 1990).

Fotomicrografias

Para facilitar a separação dos táxons, neste estudo tanto no nível genérico, quanto específico, todos os táxons encontrados foram fotografados digitalmente em microscópio óptico Olympus, modelo BX-51, equipado com câmera fotográfica WF 10X, com contraste de face, câmara clara e com sistema de captura

de imagem figura 5.

As fotomicrografias foram reunidas em um catálogo fotográfico para facilitar o processo de contagem e apresentado no final deste artigo na figura 6.



Figura 5: Fotomicrografia de *Gomphonema acuminatum* (escala 10µm)

Figure 5: Photomicrograph of *Gomphonema acuminatum* (scale 10µm)

Taxonomia

Uma vez determinada as características morfológicas de cada táxon, a identificação de gêneros e espécies se baseou nos estudos de Husted (1927, 1930, 1961, 1966), Patrick e Reimer (1966), Huttunen e Merilainen (1983), Round (1983), Moro e Furstenberger (1997), Krammer (2000), Furstenberger (2001), Bicudo e Menezes (2006). Devido ao fato que nas últimas décadas a nomenclatura passou por várias revisões, é necessário empregar a nomenclatura mais atualizada, que é fornecida pela Academia de Ciências da Filadélfia, EUA,

um dos mais importantes centros mundiais de referência em estudos das algas diatomáceas. A atualização dos nomes botânicos pode ser acessada em <http://research.calacademy.org/research/diatoms/names>.

A organização taxonômica das algas diatomáceas, adotada neste estudo, foi proposta por Round, Crawford e Mann (1990). Nela as diatomáceas pertencem à divisão Bacillariophyta, também conhecida como a divisão das algas marrons, que possui 3 classes (Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae).

Aferição de parâmetros físico-químicos

A coleta de dados referentes aos parâmetros físico-químicos da água foi rea-

lizada sempre pela manhã com a utilização de equipamento Horiba U 20, em intervalos de 50 cm de profundidade do reservatório, sendo que, quando o reservatório está no limite de vazão da barragem, a considerar períodos de grande volume pluviométrico, a profundidade pode atingir 10m no ponto de aferição, localizado no local de captação de água pela SAAE. Os dados utilizados para a determinação das exigências ambientais e cálculo do IQA foram os registrados a 50 cm de profundidade.

Os demais parâmetros necessários para o cálculo do IQA como: Nitrogênio Total, Fósforo Total, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e o parâmetro biológico de coliformes termotolerantes foram analisados segundo (RARES, 2009). O resumo das análises está descrito na tabela 1.

Tabela 1: Resumo das variáveis físico-químicas e biológicas.

Table 1: Summary of physic-chemical and biological.

Parâmetro	Variável	Unidade	Equipamento	Técnica	Referência Bibliográfica	Local de análise
Físico	Temperatura	°C	HORIBA U-20	Sonda Multiparâmetros		Campo
Físico	Turbidez	NTU	HORIBA U-20	Sonda Multiparâmetros		Campo
Físico	Condutividade e elétrica	uS/cm	HORIBA U-20	Sonda Multiparâmetros		Campo
Físico	Potencial de Oxidação	mV	HORIBA U-20	Sonda Multiparâmetros		Campo
Químico	Oxigênio dissolvido	Mg/L	HORIBA U-20	Sonda Multiparâmetros		Campo
Químico	pH	pH	HORIBA U-20	Sonda Multiparâmetros		Campo
Químico	Sólidos Totais dissolvidos	g/L	HORIBA U-20	Sonda Multiparâmetros		Campo
Químico	Fósforo Total	mg/L		Colorimetria	• APHA, AWWA, WEF, 21ªed 2005; • ABNT- NBR 12772; • Proc. De operação do Espectrofotômetro DR/2500.	Laboratório de Controle Analítico Análises Técnicas S.A
Químico	Nitrogênio Total	mg/L		Titulometria	• APHA, AWWA, WEF, 21ªED 2005, • ABNT – NBR13796; • Proc.interno Controlab 2006.	Laboratório de Controle Analítico Análises Técnicas S.A
Químico	DBO	mg/L		Incubação	• ABNT – NBR 10664, 1989; • ABNT – NBR 12614, 1992.	Laboratório de Controle Analítico Análises Técnicas S.A
Biológico	Coliformes termo tolerantes	UFC		Técnica de membrana filtrante	APHA/AWWA, 20ªed, 1998.	Laboratório de Biociências da UnG.

Fonte: Rares (2009) Source: Rares (2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados obtidos durante o estudo das comunidades diatomáceas e dos parâmetros geoambientais do Reservatório Cabuçu revelam, principalmente considerando o requerimento nutricional dos táxons identificados no lago, um ambiente oligotrófico. No entanto, as relações do conteúdo biológico com os diversos parâmetros ambientais estudados no reservatório e a conseqüente influência para avaliação do ambiente e sua qualidade, deve merecer considerações e análises mais específicas. Os resultados fornecidos pelas comunidades diatomáceas revelam um certo nível de deterioração da qualidade de água devido à grande presença de táxons eutróficos. Essa queda na qualidade d'água, sugerida pelas diatomáceas, mostra-se, de certa forma, em sintonia com a tendência observada no histórico de IQA, para o mesmo período.

As variações ambientais observadas neste momento possivelmente devem corresponder à dinâmica do ecossistema, sazonalidade e alguma interferência antropogênica, sendo que, na maior parte do período amostral, essas variações não foram suficientes para refletirem negativamente na classificação da água expressada pelo IQA, que esteve no período de estudo entre ótima e boa.

A maioria das espécies encontradas classificadas como oligotróficas corrobora para uma condição saudável do reservatório na maior parte do ano, em detrimento a elevação populacional de táxons eutróficos como *Melosira varians* em alguns meses, e variações significativas de parâmetros químicos e biológicos que poderiam estar relacionadas ao estado trófico do ambiente como a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), P total e presença elevada de coliformes termotolerantes em algumas amostras durante o ano.

Na análise multivariada das correlações entre as variáveis ambientais, aplicada através do coeficiente de correlação de postos de Spearman, observa-se a correlação significativa entre coliformes termotolerantes, DBO e oxigênio dissolvido com o IQA, demonstrada

no período de estudo pelos altos índices de DBO com os menores índices de IQA entre os meses de julho e setembro, acompanhado pela presença de coliformes termotolerantes na amostra de julho.

A relação entre coliformes, DBO e oxigênio dissolvido com o IQA, quando avaliada em conjunto com os baixos índices pluviométricos medidos entre os meses de final de inverno e início da primavera podem também se relacionar à presença elevada de táxons eutróficos no reservatório no mesmo período.

Ainda com relação às variações relativas aos índices pluviométricos e as temperaturas geradas pelas oscilações climáticas durante o estudo, não se observou mudanças expressivas nos padrões das comunidades, entretanto, alterações na estrutura das comunidades entre as estações de verão-outono e de inverno-primavera, sugerem um padrão sazonal de distribuição também evidenciados nas estruturas das taxocenoses.

A Análise de Correspondência Canônica (ACC), que avaliou a influência conjunta das variáveis ambientais sobre as diatomáceas, concluiu que não houve influência das variáveis ambientais levantadas no período de estudo sobre as oscilações das abundâncias das principais espécies, sendo que as estruturas das taxocenoses estudadas em termos de riqueza de espécie, diversidade e equitatividade de Simpson relevaram o padrão de dominância de uma espécie associado a outras espécies de abundância relativa.

Resultados obtidos sobre a estruturação do perifiton de reservatórios oligotróficos foram primordialmente controlados pela escala climática, sendo que processos autogênicos sucessionais apresentaram papel secundário e contribuem para um escasso conhecimento sobre a estruturação do perifiton nesses ecossistemas.

O estudo aponta a interação dos organismos identificados com as condições ambientais avaliadas, oferece subsídios para o reconhecimento das exigências ambientais das diatomáceas em reservatórios tropicais e contribui para o entendimento das relações das

comunidades com o ambiente e sua conservação.

Em relação ao teste das hipóteses propostas inicialmente neste estudo, pode-se afirmar que:

Hipótese 1: As comunidades diatomáceas apresentam variações qualitativas e quantitativas correlatas aos parâmetros geoambientais, físicos e químicos, nota-se que houve variação nas comunidades como previsto, mas que esses dados não são estatisticamente diferentes entre si;

Hipótese 2: As diatomáceas, respondem a alterações do status trófico do reservatório, e indicam condições ambientais que variam espacialmente e temporalmente foi parcialmente confirmada uma vez que foi determinada variação estatística na estrutura das comunidades e sua relação com a sazonalidade;

Hipótese 3: a classificação de trofia e da qualidade da água do reservatório, inferida pela bioindicação, está em conformidade com a análise e a classificação SAAE/CETESB obtida,

pode se afirmar que na maioria das amostras prevaleceram as espécies oligotróficas e que portanto estão também em sua maioria em conformidade com os resultados de IQA;

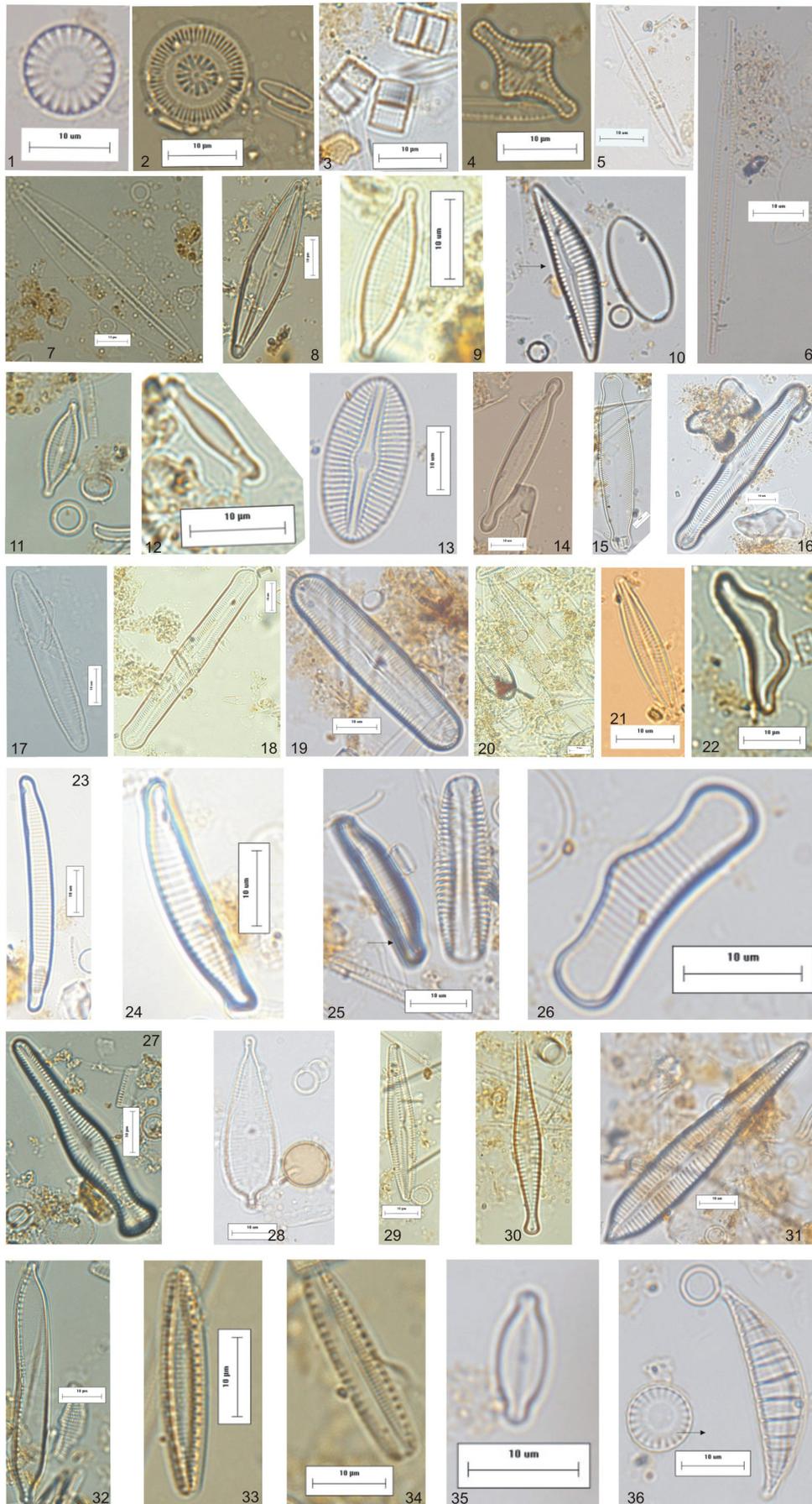
Hipótese 4: as variações identificadas nas análises das algas diatomáceas sugerem alterações geradas pela influência antrópica na bacia do Cabuçu e ou no seu entorno, aparentemente tem que ser descartada, embora seja possível supor que o nível de impacto ambiental ainda não atingiu o rigor que possa ser detectado através da análise de diatomáceas.

AGRADECIMENTOS

Ao CEPPE – Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, ao Programa de Mestrado em Análise Geoambiental, especialmente a todo Corpo Docente, também ao Laboratório de Palinologia e Paleobotânica “Prof. Dr. Muri-lo Rodolfo de Lima” da Universidade de Guarulhos, a todos os técnicos e funcionários que muito contribuíram para a realização da Dissertação de Mestrado que originou o presente artigo.

Figura 6: Fotomicrografias das diatomáceas identificadas no estudo, sendo 1) *Discostella stelligera*; 2) *Cyclotella menengiana*; 3) *Melosira varians*, 4) *Staurosira construens*; 5) *Synedra* sp; 6) *Ulnaria* sp; 7) *Frustulia rhomboides*; 8) *Frustulia krammeri*; 9) *Brachysyra vitrea*; 10) *Encyonema neomesianum*; 11) *Cymbopleura* sp; 12) *Diadismis arcuata*; 13) *Diploneis subovalis*; 14) *Pinnularia brauniana*; 15) *Pinnularia divergens*; 16) *Pinnularia mesolepta*; 17) *Pinnularia subcapitata gregory*; 18) *Pinnularia tabellaria*; 19) *Pinnularia viridis*; 20) *Craticula cuspidata*; 21) *Navicula* sp; 22) *Eunotia monodon*; 23) *Eunotia* sp; 24) *Eunotia sudetica*; 25) *Eunotia tropico-arcus*; 26) *Eunotia Exigua*; 27) *Gomphonema acuminatum*; 28) *Gomphonema arcus*; 29) *Gomphonema gracile*; 30) *Gomphonema subtile*; 31) *Gomphonema* sp; 32) *Hantzschia amphioxys*; 33) *Nitzschia frustulum*; 34) *Nitzschia denticula*; 35) *Planothidium dauj*; 36) *Rhopalodia gibberula*.

Figura 6: Photomicrographs of diatoms identified in the in the study: 1) *Discostella stelligera*; 2) *Cyclotella menengiana*; 3) *Melosira varians*, 4) *Staurosira construens*; 5) *Synedra* sp; 6) *Ulnaria* sp; 7) *Frustulia rhomboides*; 8) *Frustulia krammeri*; 9) *Brachysyra vitrea*; 10) *Encyonema neomesianum*; 11) *Cymbopleura* sp; 12) *Diadismis arcuata*; 13) *Diploneis subovalis*; 14) *Pinnularia brauniana*; 15) *Pinnularia divergens*; 16) *Pinnularia mesolepta*; 17) *Pinnularia subcapitata gregory*; 18) *Pinnularia tabellaria*; 19) *Pinnularia viridis*; 20) *Craticula cuspidata*; 21) *Navicula* sp; 22) *Eunotia monodon*; 23) *Eunotia* sp; 24) *Eunotia sudetica*; 25) *Eunotia tropico-arcus*; 26) *Eunotia Exigua*; 27) *Gomphonema acuminatum*; 28) *Gomphonema arcus*; 29) *Gomphonema gracile*; 30) *Gomphonema subtile*; 31) *Gomphonema* sp; 32) *Hantzschia amphioxys*; 33) *Nitzschia frustulum*; 34) *Nitzschia denticula*; 35) *Planothidium dauj*; 36) *Rhopalodia gibberula*.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATTARBEE, R.W. Diatom analysis. In: **Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology**. London: Wiley, 1986, p.527-570.
- BEYENE, A.; ADDIS, T.; KIFLE, D.; LEGESSE, W.; KLOOS, H.; TRIEST, L. Comparative Study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of severe water pollution: Case study of the Kebena and Akaki rivers in Addis Ababa, **Ethiopia**. *Science Direct-Ecological Indicators* 9, 2009.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2006.
- BICUDO, C.E.M.; BICUDO, D, C. **Amostragem em Limnologia**. 2. Ed. São Carlos: Rima, 2006.
- BIGLER, C.; HALL, R. J. Diatoms as quantitative indicators of July temperature: A validation attempt at century-scale with meteorological data from northern Sweden. **Palaeo**, v.189, 2003.
- CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. **Diatom collection**. Disponível em: <http://research.calacademy.org/research/diatoms/names>.
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp> Acessado em: 10 mar. 2010.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução número 357/2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 10 mar. 2010.
- COSTA, V. C. **Histórico da Eutrofização do Lago das Garças (PEFI, São Paulo) durante o século XX com base no registro de diatomáceas em sedimentos**. 2008. 139 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, SP, 2008.
- COSTE, M.; BOUTRY, S.; ROSEBERY, T. J.; DELMA, F.; Improvements of the biological diatom index (B.D.I): Description and efficiency of the new version (B.D.I – 2006). *Science Direct – Ecological Indicators* 9, 2009.
- DE ALMEIDA, J. R.; ORSOLON, A. M.; PEREIRA, S. R. B.; AMARAL, F.; SILVA, D. M. 1993. Planejamento ambiental – caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum. Uma necessidade, um desafio. Ed. Thex: Rio de Janeiro, 154p.
- FEIO, M. J.; ALMEIDA, S. F. P.; CRAVEIRO, S. C.; CALADO, A. J; **Comparason between biotic indices and predictive models in stream water quality assessment based on benthic diatom communities**. Disponível em: <http://www.science.direct.com>. Acesso em: 05 de maio 2009.
- FURSTENBERGER, C.B. **Interpretações paleolimnológicas do quaternário recente a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyta) no sedimento do Rio Icatu, município de Xique-Xique, Estado da Bahia, Brasil**. 2001.130 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- GOMEZ, N.; SIERRA, V.M.; CORTELEZZI, A.; RODRIGUES, A.; **Effects of discharges from textile industry on the biotic integrity of benthic assemblages**. 2008. Disponível em: <http://www.science direct.com>.
- GRAÇA, S. **Flora diatomácea moderna do Lago Estância das Águas Claras, Guarulhos-SP: avaliação da qualidade da água**. 2007. 110 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade de Guarulhos, SP, 2007.
- 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, 1990.
- HUSTEDT, F. Die Kieselalgen. In: RABENHORST, L. **Kriptogamen-Flora. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft**, v. 7, parte 1, p. 1927-1930.
- HUSTEDT, F. Die Kieselalgen. In: RABENHORST, L. **Kriptogamen-Flora. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft**, v. 7, parte 3, p. 1961-1966.
- HUTTUNEN, P.; MERILAINEN, J. Interpretation of lake quality from contemporary diatom assemblages. **Hydrobiology**, v.103, p. 91-97, 1983.
- LACAVA, M.A. **Comportamento hídrico de superfície da Bacia do Rio Cabuçu de Cima, Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP**. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade de Guarulhos, Guarulhos, SP, 2007.
- LANE, R.C.; BROWN, M.T. Diatoms as indicators of isolated herbaceous wetland condition in Flórida, USA. *Science Direct – Ecological Indicators*, 7 (2007).
- MONTEITH, D.T; EVANS. C. D. The United Kingdom Acid Waters. Monitoring network: a review of the first 15 years and introduction to the special issue. **Environmental Pollution**. 137, 2005.

MORO, R.S; FURSTENBERGER, C.B. **Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não marinhas**. ed. UEPG. Ponta Grossa. Paraná. Brasil. 1997. 282p.

MOUTINHO, S. O. **Flora diatomácea do Reservatório Cabuçu, Município de Guarulhos, SP: Taxonomia e aplicação como indicadores geoambientais**. 2007. 146 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade de Guarulhos, Guarulhos, SP. 2007.

OLIVEIRA, R. C. M. **Flora diatomácea do Reservatório de Tanque Grande, Município de Guarulhos – SP como indicadora da qualidade de água**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós Graduação Pesquisa e Extensão, Universidade de Guarulhos, Guarulhos, SP, 2008.

PATRICK, R.; REIMER, C, W. The diatoms of the United States. Philadelphia: **Monographs of the Academy of Natural Sciences**, 1966.

RARES, C. S. **Características Limnológicas e Qualidade da Água do Reservatório Cabuçu, Microbacia Cabuçu-Parque, Guarulhos – SP**. 2009. 88 f. Trabalho de Iniciação Científica (Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade de Guarulhos – PIBIC – Ung) – Universidade de Guarulhos, Guarulhos – SP. 2009.

ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M.; MANN, D,G. **The diatomms: biology and morphology of the genera**. New York: Cambridge University Press, 1990

ROUND, F. E. **Biologia das algas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 263 p.

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - **Relatório de Qualidade de Águas 2005**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em 12 mar. 2010.

TINSON, J; GIRAUDEL, J. L; COSTE, M. Evaluating the ecological status of rivers using an index of ecological distance: an application to diatom communities. Science Direct - **Ecological Indicators** 8 (2008).

TUNDISI, J.G; TUNDISI, T. M; **Limnologia** São Paulo, oficina de textos, 2008.

UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. The united nations world water development. Water in a Changing World. **Unesco publishing**. 2009. Report 3.