

PRYSCILLA DENISE ALMEIDA DA SILVA

**Biodiversidade e distribuição das diatomáceas
planctônicas e de sedimento superficial nas represas
de abastecimento do Sistema Alto Cotia (SP)**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São
Paulo, como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de MESTRE em
BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO
AMBIENTE, na área de Concentração Plantas
Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

São Paulo

2012

PRYSCILLA DENISE ALMEIDA DA SILVA

**Biodiversidade e distribuição das diatomáceas
planctônicas e de sedimento superficial nas represas
de abastecimento do Sistema Alto Cotia (SP)**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São
Paulo, como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de MESTRE em
BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO
AMBIENTE, na área de Concentração Plantas
Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

Orientadora: Prof^a Dr^a DENISE DE CAMPOS BICUDO

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA**

Silva, Priscilla Denise Almeida da

S586b Biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial nas represas de abastecimento do Sistema Alto Cotia (SP) / Priscilla Denise Almeida da Silva -- São Paulo, 2012.

98p. il.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2012

Bibliografia.

1. Algas. 2. Fitoplâncton. 3. Estado trófico. I. Título

CDU: 582.26

Como um rio

“Como um rio, que nasce de outros,
sabe seguir junto com outros
e noutros se prolongando
e construir o encontro
com as águas grandes
do oceano sem fim.

Mudar em movimento,
mas sem deixar de ser
o mesmo ser que muda.
Como um rio”

Thiago de Mello

Ao meu pai José Francisco Berrêdo que me ensinou
a sonhar nessa e nas outras muitas vidas.

Às minhas mães Vera e Odete, exemplos de força e
coragem, por todo amor que trago comigo.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço à minha orientadora, Prof^a Dr^a Denise de Campos Bicudo, que me aceitou como aluna antes mesmo de me conhecer, não medindo esforços para que minha vinda a São Paulo pudesse ser viabilizada. Por sua sabedoria, serenidade, por confiar em mim, pelos ensinamentos sobre limnologia e sobre a vida e pelos inúmeros “estou com você, Pry”. Obrigada eternamente.

Ao Prof. Dr. Carlos E. de M. Bicudo, cuja generosidade, conhecimento e liderança incentivam-me no caminho da limnologia. É uma honra fazer parte de seu grupo. Pelo acesso irrestrito à sua biblioteca, seus conselhos e pela identificação das desmidiáceas, especial obrigada!

À Prof^a Dr^a Carla Ferragut, pelos ensinamentos, por compartilhar suas experiências limnológicas em lagos rasos e contribuir para a minha formação. Levo comigo as lições. Muito obrigada.

À Dr^a Sandra Bøddeker, pelo auxílio na elaboração deste trabalho, desde o delineamento amostral até as discussões sobre sedimentos recentes. Sua experiência auxiliou nos caminhos que desvendam o passado recente e extrapolam o mundo científico.

Ao Dr. Donato Seiji Abe, do Instituto Internacional de Ecologia e à Dr^a Tatiana Araújo de Jesus, da Universidade Federal do ABC, a coleta do sedimento seria incompleta sem a experiência de vocês.

Ao Prof. Dr. Eduardo Antonio Morales, da Universidad Catolica de Bolívia e da Academia de Ciências Naturais da Filadélfia, por ter compartilhado tão generosamente sua experiência na identificação das diatomáceas e comigo ficar maravilhado diante da diversidade de diatomáceas das represas que estudei. Por nunca deixar de repetir: *trabajando sí, trabajando duramente*. Obrigada professor!

À Prof^a Dr^a Ana Luiza Spadano Albuquerque, do Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense, por ter cedido seu laboratório para as análises granulométricas e por ter-me escrito há anos passados e dito: para sua melhor formação, procure a Prof^a Denise Bicudo! Valioso conselho.

Aos Drs Francisco Berrêdo e Hilton Costi, do Museu Paraense Emílio Goeldi, pelos ensinamentos sobre geoquímica, sedimentologia e microscopia eletrônica. Por sempre me chamarem quando aparecia uma frústula nas amostras que estudavam. Isso me encaminhou até aqui.

Às Dr^a Cléa Araújo e Daniella Santana, da Universidade Federal do Pará, os *proxys* que nos separam estão no mesmo Quaternário que nos une, sou grata por me iniciarem no estudo das diatomáceas e dos sedimentos. Com vocês eu pude ir mais longe. Dívida do tamanho do Holoceno.

Aos Drs Antônio C. Zuffo do Departamento de Engenharia Civil da UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas e Silvio Prada do Centro de Química da UNIFIEO, Centro Universitário Fundação Instituto de Ensino para Osasco, e ao MS. Eduardo Oliveira (UNIFIEO) por esclarecerem minhas dúvidas sobre a represa Pedro Beicht e pela confiança ao me repassarem os dados inéditos que ajudam a compreender a dinâmica do sistema. Muito obrigada pelo apoio.

Ao Núcleo de Pesquisa em Ecologia, especialmente aos “aquáticos”, pois sem vocês não existiria este trabalho. Com muitas mãos se faz ecologia. Pelo auxílio no laboratório e nas coletas agradeço: Adriana Jidão, Angélica Righetti, Bárbara Pellegrini, Carlos Wetzels, Débora Góes, Fernanda Ferrari, Gabriela Lavagnoli, Gisele Maquardt, Jeniffer Pereira, Karine Rivelino, Larissa Stevanato, Lívia Costa, Luciane Fontana, Majoi Nascimento, Mariane de Souza, Marisia Esposito, Mayara Casartelli, Murilo Borduqui, Paula Carvalho, Samantha Faustino, Simone Wengrat, Sidney Fernandes, Thiago Santos e Yukio Hayashi.

Os trabalhos de campo seriam muito mais difíceis e perderiam a graça sem vocês: Angélica, Denise, Majoi e Luiz (Instituto de Pesca). Agradeço especialmente aos técnicos Ezequiel Braz e Fernando Cruz que ajudaram a coletar mesmo sem motor no barco e me mostraram o primeiro trem da vida.

Às queridas Angélica Righetti, Simone Wengrat e Lívia Costa, que dividiram seus conhecimentos sobre as diatomáceas desde a padronização das lâminas, às análises estatísticas, dúvidas e certezas taxonômicas, infinitas traduções e montagem de pranchas. Foi mais fácil trilhar o caminho com vocês.

Ao Dr. Carlos Eduardo Wetzels e às MS Dávia Talgatti e Priscila Tremarin, pela ajuda taxonômica que me revelou o invisível.

Às panteras Dorinha, Val, Marli e Amarílis, sempre a postos no que foi necessário para executar este trabalho. Por terem me confortado e aliviado a saudade de casa, sou grata por cada sorriso.

À diretoria do Núcleo de Pesquisa em Ecologia, Dr^a Carla Ferragut e Maria Tereza Grombone Guaratini, que nestes dois anos viabilizaram todos os recursos necessários para levar à cabo este trabalho.

A todos os estudantes que dividiram comigo suas experiências na salinha dos pós-graduandos e aos que já foram para novos caminhos da ciência, aos pesquisadores do Núcleo de Pesquisa em Ecologia e técnicos desta seção, obrigada.

À SABESP, Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo, parceira do mencionado projeto temático, que tão prontamente sanou nossas dúvidas e muito nos ensinou sobre as operações de seus Sistemas Produtores. Agradeço o empenho da gerência da Divisão de Recursos Hídricos Metropolitano Sudoeste e, em especial, aos Osmar Rivelino, Vilma O. Rivelino e Wagner Rocha; meu especial agradecimento ao Sr. José Roberto Nali e seus 42 anos de Alto Cotia, que o fazem, assim como eu, apaixonado por esse sistema. Agradeço ainda ao Dr. Darcy Brega Filho e às bibliotecárias dessa empresa pela ajuda na obtenção dos relatórios históricos.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pela seriedade e competência com que conduzem o programa e o torna um dos melhores do país. À querida Márcia Regina Angelo sempre tão atenciosa com todos os alunos, grata por sua dedicação e alegria.

Os propósitos que me nortearam a realizar a viagem a São Paulo também trouxeram muitas fadigas e agradeco, especialmente, aos meus amigos que me incentivaram a caminhar, Edgar A. Lima e Flávia Castro, por serem os meus primeiros amigos a trilharem uma pós-graduação em São Paulo e, dessa forma, abrirem um espaço para que eu pudesse me aventurar. Vim porque vocês estavam aqui. Pelo abrigo, pelo carinho e pela amizade, sou grata.

Agradeço aos amigos Sandro Barbosa e Raika Silva, que fizeram me sentir de volta em casa mesmo com tanta distância, por não medirem esforços para o meu bem estar e equilíbrio, por serem grandes exemplos de vida, não existem palavras suficientes para lhes agradecer. Meu espírito se eleva ao lado de vocês.

À Dinorah Evangelista tão querida, pelo carinho maternal e pelos cuidados. Aos moradores do alojamento, às dezenas de pessoas que já moravam antes de mim e aos que fazem dele agora sua morada, não existe propósito maior na amizade que não seja o crescimento espiritual. Agradeço às meninas que comigo dividem o quarto Camila Carvalho, Fernanda Karstedt, Simone Silva e tantas outras que moraram lá, dias, semanas ou meses, foram tantas, os nomes eu perdi, mas as lições ficaram. Agradeço, em especial, ao Aluísio Fernandes, à Gisele Marquardt, ao Jadson Oliveira, à Ana Livia Negrão, à Fernanda Kardest e à Gabriele Araújo que nesta fase de licença poética (final de curso) não se cansam de cuidar de mim e entenderam minha ausência.

À FAPESP, Fundação à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento do projeto temático (Processo nº 2009/53898-9) que abrangeu este trabalho e pela bolsa de mestrado a mim concedida (Processo nº 2010/04445-9), que viabilizou minha vinda e estadia em São Paulo. Ainda à FAPESP, o apoio logístico emprestado pelo projeto temático “AcquaSed” em que se insere a presente pesquisa.

Sou grata à cidade de São Paulo, onde sonhos de difíceis começos logo se transformam em realidade.

Agradeço imensamente às minhas mães, aos meus pais e minhas tias e tios tão queridos e à minha vó Rosilda que sempre me disseram que só os que partem podem voltar e que de onde eu vier minha casa estará neles.

Meus irmãos Nery, Paulo Augusto, Eliana, Bio Jr., Andrea, Paula Danyelle, Patrycia Danúzia, Paulo Francysco, Ana Luíza e Caroline que dividem comigo essa jornada, por acreditarem em mim e se alegrarem com as minhas conquistas, amo vocês, e amo ainda mais os filhos de vocês.

Aos amigos muito queridos Talita Amador, Marilu Pimentel, Adrieli Vidal, Hebe Alves, Rolf Silva, Maridalva Mendes, Livia Isadora, Janete Sousa, Cleiciane Pinheiro, Julianna Marruás, Láira Alves, Patricia Silva, Larissa Alves e Ruth Carrera que me incentivam e tornam a vida mais doce. Saudades de vocês à beira-rio.

Ao Aluísio, pelo amor, carinho e amizade, compreensão, paciência e por me encorajar a seguir nesse desafio estimulando-me a nunca desistir, agradeço e sigo te amando. Obrigada pelos sonhos divididos.

À Mãe amorosa, fonte de amor e de fé por sua bênção bondosa, Senhora de Nazaré.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Objetivos	6
3. Área de Estudo	7
4. Material e métodos	11
4.1. Variáveis climáticas	11
4.2. Regularização e hidráulica do Sistema Produtor Alto Cotia	11
4.3. Amostragem e coleta do material	11
4.4. Variáveis limnológicas abióticas e biomassa fitoplanctônica	16
4.5. Variáveis físicas e químicas do sedimento	16
4.6. Análise das diatomáceas	17
4.7. Análise numérica dos dados	19
4.7.1. Índices ecológicos	19
4.7.2. Análise estatística	21
5. Resultados	22
5.1. Características limnológicas abióticas das represas do Sistema Alto Cotia	22
5.1.1. Variáveis climatológicas	22
5.1.2. Aspectos morfométricos e variáveis abióticas do compartimento	22
Água	
5.1.3. Índice do Estado Trófico (IET)	31
5.1.4. Variáveis físicas e químicas do compartimento sedimento	32
Superficial	
5.2. Estrutura da comunidade de diatomáceas planctônica nas represas do	33
Sistema Produtor Alto Cotia	
5.2.1. Biodiversidade e estrutura de espécies	33
5.2.2. Avaliação conjunta das diatomáceas planctônicas	40
5.2.3. Avaliação integrada dos dados	42
5.3. Diversidade e distribuição das diatomáceas nos sedimentos superficiais	44
das represas do Sistema Produtor Alto Cotia	
5.3.1. Composição e diversidade de espécies de diatomáceas	44
5.3.2. Avaliação conjunta das espécies de diatomáceas no sedimento	50
Superficial	
5.3.3. Comparação entre as comunidades de diatomáceas: plâncton e	53
sedimento superficial	

6. Discussão	56
6.1. Características abióticas do Sistema Produtor Alto Cotia	56
6.2. Diatomáceas planctônicas do Sistema Produtor Alto Cotia	60
6.3. Diatomáceas dos sedimentos superficiais do Sistema Produtor Alto Cotia	62
7. Conclusões e considerações finais	64
8. Referências bibliográficas	66
9. Anexo 1 – Análises quantitativas	76
10. Anexo 2 – Pranchas	80

RESUMO

Este estudo visou avaliar a biodiversidade e a distribuição temporal e espacial das diatomáceas planctônicas e presentes nos sedimentos superficiais das represas de abastecimento do Sistema Alto Cotia (represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça), contribuindo para a caracterização da qualidade ecológica destes ecossistemas. Objetivou, também, ampliar o conhecimento ecológico das diatomáceas de represas tropicais com baixo impacto antropogênico. Este sistema produtor está inserido na Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG) e é considerado referência ambiental para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Foram realizadas amostragem em sete estações (cinco na represa Pedro Beicht e duas em Cachoeira da Graça). A coleta da água foi realizada ao longo do perfil vertical nos períodos de inverno (seco) e verão (chuvoso); e a de sedimentos superficiais, no inverno. As análises incluíram variáveis físicas, químicas e de diatomáceas planctônicas e do sedimento. As represas foram classificadas como mesotróficas, sendo caracterizadas por águas levemente ácidas, de baixa condutividade, baixos teores de nutrientes e de clorofila-a. As características geoquímicas dos sedimentos recentes (2 cm, ~3,7 anos) demonstram elevado teor de matéria orgânica de origem vegetal vascular alóctone. Conjuntamente, tais características sinalizam um processo natural de eutrofização. Foram encontrados 63 táxons específicos e infraespecíficos no plâncton e 98 no sedimento. A organização estrutural das diatomáceas planctônicas foi influenciada pela escala sazonal, bem como pela profundidade das represas. No período de inverno e, principalmente, nos locais mais profundos, três espécies de *Aulacoseira* foram favorecidas pelo regime de mistura. No período de verão e nas regiões mais rasas, a comunidade foi mais diversificada, com maior abundância de espécies bentônicas (*Brachysira brebissonii*, *B. neoxilis*, *Navicula herbstiae*, *Stenopterobia delicatissima* e *S. curvula*). Duas espécies de *Aulacoseira* (*A. granulata* e *A. ambigua*) foram amplamente distribuídas e bem representadas nas represas, indicando ambientes turbulentos e com circulação de água. A distribuição das espécies no sedimento foi principalmente sensível à profundidade das represas. Espécies de *Aulacoseira* contribuíram com 21 a 47% da abundância, enquanto que várias espécies de *Eunotia* contribuíram com no máximo 25%. A comparação entre as diatomáceas planctônicas e as presentes nos sedimentos destaca que o compartimento dos sedimentos integra informações de ambos os períodos climáticos e de elementos planctônicos e bentônicos. As comunidades de diatomáceas reforçam as características de ambientes ainda com baixo impacto antropogênico e sem processo cultural de eutrofização. Todavia, recomenda-se um monitoramento mais intensivo e detalhado no ponto de captação da represa Pedro Beicht, que já apresenta teores elevados de biomassa fitoplanctônica no período de verão. Finalmente, destaca-se a importância da RFMG para a manutenção da qualidade ecológica das represas e de condições de referência para os mananciais da RMSP.

Palavras chave: diatomáceas, estado trófico, fitoplâncton, sedimento superficial, represa de abastecimento, RMSP.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the biodiversity and temporal and spatial distribution of planktonic diatoms, as well as of diatoms present in the surface sediments of the water supply reservoirs of the Upper Cotia System (Pedro Beicht and Cachoeira da Graça reservoirs), to contribute with characterization of the ecological quality of these ecosystems. It also aimed to increase the ecological knowledge of diatoms from tropical and low antropogenic impacted reservoirs. The Upper Cotia Water Supply System is located in the Biological Reserve of Morro Grande (RFMG) and is considered as an environmental reference system for the Metropolitan Region of São Paulo (RMSP). Samples were taken in seven locations (five in the Pedro Beicht Reservoir and two in the Cachoeira da Graça Reservoir). Water samples were taken along a vertical profile during the winter (dry season) and summer (rainy season) and in the surface sediments during the winter. The analysis included physical, chemical and diatom planktonic and in sediment. The reservoirs were classified as mesotrophic, and characterized by the slight acidic waters, low conductivity, and low nutrients and chlorophyll-a concentrations. Geochemical information from surface sediments (2 cm, ~3,7 years) demonstrate high organic matter content originated from aloctonous vascular plants. The water and sediment characteristics suggest a natural eutrophication process. A total of 63 specific and infraspecific plankton taxa and 98 sediment taxa were found. The structural organization of planktonic diatoms was affected by the seasonal scale, as well by the reservoirs depth. During the winter, and mainly at the deep locations, three *Aulacoseira* species were favored by the water circulation. In the summer, and mainly in shallow locations, community was more diverse, with higher abundance of benthic species (*Brachysira brebissonii*, *B. neoxilis*, *Navicula herbstiae*, *Stenopterobia delicatissima* and *S. curvula*). Two *Aulacoseira* species (*A. granulata* and *A. ambigua*) were the most abundant and well distributed in the reservoirs, indicating the prevalence of turbulence and the water circulation. The distribution of species in the sediment was more sensitive to the reservoirs depth. *Aulacoseira* species prevailed, contributing with 21-47%, while *Eunotia* species were the second in importance, reaching at most 25% abundance. The comparison between planktonic communities and those present in the sediments revealed that the sediments integrate information from both climate periods, and incorporate planktonic and benthic species. Diatom communities highlight the good ecological quality of the reservoirs. However, we recommend a more intensifying and detailed monitoring program in the pumping station of Pedro Beicht, due to the high planktonic biomass reached during summer season. Finally, we emphasize the importance of the RFMG conservation for the protection of this water supply system and the maintenance of a reference site in the RMSP.

Key words: diatoms, phytoplankton, surface sediment, trophic state, water supply reservoir, RMSP.

1. Introdução

A água é um recurso finito que, dentre os recursos naturais, vem sendo tratada como uma das principais preocupações do século XXI. A água doce impulsiona o desenvolvimento econômico de muitos países e seu uso nas atividades de agricultura, geração de energia, indústria e transporte exercem demasiada pressão sobre a mesma, a ponto de ser tratada como a principal preocupação da humanidade neste século (Wetzel 2001, Tundisi 2008). A crise da água resultante dessa pressão vem se acentuando devido o aumento demográfico, mudanças no padrão de uso e consumo, perdas dos mecanismos de retenção, bem como à vulnerabilidade dos ecossistemas aquáticos diante dos impactos antropogênicos. Esta crise dificulta o desenvolvimento, acentua as desigualdades entre regiões e países além de expor a manutenção da vida no planeta em risco (Tundisi 2005, Bicudo & Bicudo 2008, Marengo 2008).

Particularmente, a degradação de ecossistemas aquáticos continentais tem sido motivo de grande preocupação nas últimas décadas e é apontada como um dos grandes problemas ambientais da atualidade (Tundisi 2008, Ribeiro 2008). Dentre os problemas mais bem documentados, destaca-se a eutrofização (Harper 1992, Battarbee *et al.* 2005, Dudgeon *et al.* 2006). A eutrofização associada com atividade humana, também chamada de eutrofização cultural, resulta no aumento da produtividade e na simplificação estrutural do ecossistema aquático, causada pelo enriquecimento, principalmente nitrogênio e fósforo, oriundos das atividades da agricultura, indústrias e dos efluentes domésticos (Bennion & Simpson 2011). A eutrofização é um problema de âmbito global e resulta na perda da qualidade ecológica do ecossistema, podendo levar à perda da biodiversidade e na extinção de espécies (Sayer & Roberts 2001, Bennion & Simpson 2011). A solução desse impacto está longe de ser atingida ainda que muitos estudos relatem suas causas (Carpenter 2005, Dudgeon *et al.* 2006, Smol 2008). Em represas e lagos urbanos, os efeitos da eutrofização podem ser ainda mais rápidos e intensos devido à natureza da bacia hidrográfica (Räsänen 1986), que são mais intensamente utilizadas. Assim a qualidade de suas águas refletem as múltiplas atividades humanas e os impactos decorrentes dessas atividades (Rebouças 1999, Braga *et al.* 2008).

Para o gerenciamento efetivo dos ecossistemas aquáticos é fundamental o conhecimento de suas condições basais (antes do impacto antropogênico), de sua variabilidade natural e de sua trajetória passada (Vilaclara *et al.* 1997, Battarbee 1999, Bennion & Simpson 2011). Neste sentido, os estudos de séries temporais são amplamente aceitos como essenciais para o entendimento das variações ambientais e para o gerenciamento

de ecossistemas, uma vez que evita uma visão reducionista da natureza, normalmente incapaz de perceber a complexidade dos problemas ambientais no tempo e no espaço (Smol 2008). Entretanto, tais estudos são raros, sendo usualmente iniciados após sinais de impactos antropogênicos (Battarbee *et al.* 2005, Smol 2008, Bennion & Simpson 2011).

As alterações ecológicas em ecossistemas aquáticos podem ser detectadas a partir do monitoramento da água acompanhado de análises físicas e químicas que apontam as condições no momento em que são feitas as medições; de análises biológicas que mostram os efeitos prolongados que não existem mais no momento em que é feita a verificação (Lobo *et al.* 2002); e da análise dos sedimentos acumulados, seja este superficial ou de longa escala temporal, que por seu caráter deposicional fornecem informações que se acumularam, integrando eventos do passado (Smol 2008). Assim, em amostras de sedimentos as informações fornecidas são de efeitos ainda mais prolongados, representando um arquivo de informações de natureza biogeoquímica (Håkason 1984, Mozeto 2004). Particularmente, os sedimentos superficiais representam uma amostra espacial e temporalmente integrada dos eventos que se acumularam no passado recente, bem como dos organismos provenientes de vários habitats do sistema (Bennion 1995, de Vicente *et al.* 2006).

Nos estudos de monitoramento ambiental, particularmente sobre eutrofização, as diatomáceas destacam-se dentre os principais indicadores biológicos por apresentarem alguns atributos, como seguem: (i) usualmente representam o grupo dominante entre as microalgas; (ii) algumas espécies são sensíveis às mudanças ambientais e outras muito tolerantes; (iii) respondem às mudanças ambientais de curto e longo prazo; (iv) suas amplitudes ecológicas são bastante estudadas em regiões temperadas; (v) possuem facilidade de amostragem, obtendo-se grandes quantidades em superfícies pequenas; (vi) possuem elevadas taxas de migração e, portanto, podem colonizar rapidamente novos habitats; e (vii) suas valvas geralmente se encontram bem preservadas nos sedimentos permitindo sua correta identificação, pois seu envoltório celular constituído de sílica polimerizada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) é resistente à decomposição por bactérias, dissolução química e ruptura física (Bennion 1995, Lobo *et al.* 2002, Smol 2008).

O uso das diatomáceas como indicador ambiental teve início com os estudos da qualidade de água de rios e, mais especificamente, com o desenvolvimento do sistema de sapróbios por Kolwitz & Marsson (1909). Tais autores, ao estudarem rios da Alemanha, criaram o primeiro sistema de sapróbios, reconhecendo muitas espécies de diatomáceas como indicadoras de zonas com poluição orgânica. Desde então os estudos intensificaram-se, de forma que índices autoecológicos foram desenvolvidos para indicar níveis de poluição,

preferências ecológicas e tolerâncias de espécies (Pouličkova *et al.* 2004). Atualmente, os estudos têm buscado a resposta das comunidades de diatomáceas a uma série de variáveis ambientais, a exemplo das alterações de salinidade, pH, nutrientes orgânicos e inorgânicos (Belling *et al.* 2006). Os resultados obtidos das análises de sedimentos (eg. Bennion *et al.* 2001, Blinn & Bailey 2001, Dalton *et al.* 2005, Smol 2008, Taukulis & John 2009) vêm permitindo a reconstrução do histórico da eutrofização, de salinidade, clima, da evolução dos impactos antropogênicos em suas dimensões ecológicas e sócio-econômicas, além da elaboração de modelos de função de transferência, que permitem estimar quantitativamente as condições ambientais passadas através do estudo das comunidades fósseis. Particularmente o modelo de transferência diatomáceas-fósforo permite resgatar os níveis pretéritos de fósforo na água, sendo possível estabelecer níveis de referência, permitindo traçar metas mais reais de recuperação (Bennion *et al.* 2001, Smol 2008).

No Brasil, estudos sobre a utilização das diatomáceas como indicadores biológicos iniciaram-se na década de 70, sendo ainda relativamente escassos e concentrados em ambientes lóticos na região sul do país (Lobo & Torgan 1988, Lobo *et al.* 1995, Rodrigues & Lobo 2000, Lobo *et al.* 2002, Salomoni *et al.* 2005, Lobo *et al.* 2006, Düpont *et al.* 2007, Silva 2009). O pioneirismo é registrado no trabalho de Torgan & Aguiar (1974) que efetuaram um levantamento da flora diatomológica do rio Guaíba relacionando as espécies mais frequentes com a saprobidade.

Para o Estado de São Paulo existem poucas contribuições, destacando-se Souza (2002), Bere & Tunidisi (2011a,b), que avaliaram a comunidade de diatomáceas e sua associação com variáveis ambientais em ecossistemas lóticos (rio Monjolinho e seus tributários) e Ferrari (2010), que avaliou as respostas das diatomáceas em represas urbanas da RMSP. Alguns poucos trabalhos avaliaram a eutrofização utilizando as diatomáceas presentes no compartimento sedimentar. Costa (2008) é ainda o único que a partir de estudo paleolimnológico reconstruiu o histórico da eutrofização de represa urbana hipereutrófica situada em São Paulo. Considerando sedimentos recentes, Silva (2008) analisou a distribuição das diatomáceas em associação aos níveis de fósforo dos reservatórios em cascata no rio Paranapanema (SP/PR), e Wengrat (2011) avaliou a organização e bioindicação das diatomáceas em diferentes compartimentos do complexo Billings, utilizando enfoque comparativo entre plâncton e sedimentos.

Para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo existem oito sistemas produtores de água. Todavia, essa megalópole é hoje a segunda em grau de precariedade de recurso hídrico, sendo necessário buscar água nos contrafortes da Mantiqueira mineira

(Whately & Cunha 2006, Sabesp 2011). Essa situação agrava-se ao considerar que a RMSP está situada em região de cabeceira do rio Tietê, o que limita a capacidade de drenagem e de diluição da carga de esgotos, e como resultado os corpos d'água têm sofrido intensos processos de eutrofização (Beyruth 2000).

Nesse contexto de intensas mudanças ambientais globais e locais, considerando ainda a escassez de informações em condição pré-impacto, torna-se urgente o conhecimento de ambientes que possam ser considerados de “referência” ou pouco impactados. Neste sentido, o Sistema Produtor Alto Cotia é considerado como referência na produção de água de boa qualidade e exemplo de conservação ambiental. Esse sistema é composto de duas represas e está localizado na Reserva Florestal do Morro Grande, patrimônio ambiental, e a despeito da pressão que sofre, ainda pode ser considerada pouco impactada (Sabesp 2008).

O conhecimento sobre o Sistema Produtor Alto Cotia enfoca principalmente a Reserva Florestal Morro Grande (RFMG), que circunda as represas e a Estação de Tratamento de Água do Morro Grande. Os estudos abrangeram aspectos sobre a importância, estrutura e composição da biota nesse remanescente. As publicações dos trabalhos resultaram em uma série especial sobre a RFMG (Revista Biota Neotropica 2006). No que tange o conhecimento ecológico e ficológico das represas, existem poucos trabalhos com destaque para os desenvolvidos no âmbito do projeto “Tipologia de Reservatórios do Estado de São Paulo” e que avaliaram a produtividade primária e suas relações com as propriedades físicas e químicas da água e os padrões de circulação da represa Pedro Beicht (Gianesella-Galvão 1981, Arcifa *et al.* 1981, Gianesella-Galvão & Arcifa 1988). Os estudos de Gianesella-Galvão (1981) citam como principais componentes do microfitoplâncton espécies do gênero *Staurodesmum* e *Melosira* (atual *Aulacoseira*, sendo essa a única citação de diatomáceas para esse sistema produtor). A Sabesp possui em seus arquivos internos relatórios de monitoramento hidrobiológico e de variáveis físicas e químicas nos pontos de captação das represas. Dentre esses, destaca-se o relatório do plano de proteção e recuperação da Reserva Florestal do Morro Grande, que inclui dados de monitoramento realizados por Tundisi & Calijuri (1991).

Integrando os Sistemas Produtores Alto e Baixo Cotia, Zuffo (1998) propôs um modelo de gerenciamento ambiental que ampliasse o padrão de conservação e excelência ambiental para o trajeto das represas agrupando toda a cascata.

Ainda, com enfoque na qualidade limnológica e fluxo de nutrientes na interface sedimento-água, Soares (2003) avaliou seis represas inseridas na bacia do rio Tietê, dentre elas a represa Pedro Beicht, a montante do sistema produtor Alto Cotia como referência de ambiente protegido. Em relação ao compartimento sedimentar, Nascimento (2003) avaliou da

toxicidade dos sedimentos da represa Pedro Beicht para metais pesados, e, recentemente, Oliveira (2011) avaliou a geoquímica orgânica e a composição isotópica do chumbo em testemunhos sedimentares, concluindo que os teores desse metal estão acima dos níveis recomendados em diferentes pontos da represa, muito provavelmente pela ferrovia que corta a reserva.

Vale ressaltar que nenhum desses trabalhos enfoca a comunidade de diatomáceas como indicadoras das condições ambientais. Além disso, esta é a primeira avaliação das condições limnológicas da represa Cachoeira da Graça, localizada a jusante do Sistema Produtor. A Cetesb (2011) em sua rede básica de monitoramento para abastecimento, possui um ponto de amostragem na barragem da represa Cachoeira da Graça (COGR00900), ponto de captação para a ETA Morro Grande e as informações do monitoramento bimensal são ampliadas para as duas represas do sistema. Finalmente, há preocupação por parte da Sabesp com o aparecimento ocasional de florações de cianobactérias (espécie não analisada) na Represa Pedro Beicht.

Esta proposta possibilitará a melhor caracterização da qualidade ecológica das represas do Sistema Alto Cotia, integrando informações limnológicas abióticas e sobre a distribuição das diatomáceas em distintos compartimentos (água e sedimento superficial). Contribuirá, também, para o avanço do conhecimento sobre ambientes ainda protegidos. Finalmente, dentro do projeto maior em que se insere (*Reconstrução paleolimnológica da Represa Guarapiranga e diagnóstico atual da qualidade da água e dos sedimentos de mananciais da RMSP com vistas ao gerenciamento do abastecimento – ACQUASED*), contribuirá com informações sobre a biodiversidade e autoecologia das diatomáceas, que farão parte de um banco de dados para elaboração de modelo de função de transferência diatomáceas-fósforo para as áreas de mananciais da RMSP.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Avaliar a biodiversidade e distribuição das diatomáceas das represas de abastecimento do Sistema Alto Cotia (represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça), visando contribuir para a caracterização limnológica destes ecossistemas e ampliar o conhecimento autoecológico das espécies de diatomáceas encontradas em represas protegidas e sob baixo impacto antrópico.

2.2. Objetivos específicos

- a)** Conhecer e comparar a biodiversidade de diatomáceas planctônicas e de sedimentos superficiais nas represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça;
- b)** Avaliar a distribuição da comunidade de diatomáceas planctônicas nas escalas espacial (inter e intra-represas) e temporal (períodos seco e chuvoso);
- c)** Analisar a distribuição espacial das diatomáceas nos sedimentos superficiais;
- d)** Avaliar a influência dos compartimentos (água e sedimentos) na distribuição das diatomáceas;
- e)** Avaliar a qualidade ecológica das represas quanto ao estado trófico.

3. Área de Estudo

O Sistema Alto Cotia é um dos oitos sistemas que abastecem a RMSP. Foi construído na década de 30 e está inserido na bacia hidrográfica do rio Cotia, município de Cotia, localizado no Planalto de Ibiúna, porção sul do Planalto Atlântico Paulistano (Fig. 1). A bacia hidrográfica do rio Cotia possui embasamento rochoso pouco permeável, composto por granitos, migmatitos e gnaisses, predominando os minerais feldspatos, quartzo, biotita e mica em maiores concentrações; existem depósitos aluvionares quaternários em algumas áreas de drenagem de maior declividade como na barragem da represa Cachoeira da Graça (Metzger *et al.* 2006a, b, Luz & Ummus 2009 e Oliveira 2011).



Figura 1. Área de mananciais e municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) com destaque para o Sistema Produtor Alto Cotia e sua localização no Estado de São Paulo (Fonte: www.mananciais.com.br).

Nessa região está localizada a Reserva Florestal Morro Grande (RFMG) que compreende as matas que envolvem as represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça, criada em 1979 para fins de proteção dos mananciais (Fig. 2). A área aproximada é de 105 km², sendo

100 km² de Mata atlântica. Grande parte dessa floresta, especialmente em sua área norte, foi desmatada e fragmentada em épocas anteriores à construção das represas Cachoeira da Graça (1914-1917) e Pedro Beicht (1927-1933). A área sul é composta por trechos de floresta mais antiga, que não sofreram corte-raso, embora, possivelmente, tenham sofrido corte seletivo para a extração de palmito. Entretanto, por estar sob a administração da Sabesp, seu histórico de perturbação é mais homogêneo e controlado do que na região dos fragmentos florestais (Bernacci *et al.* 2006). Em 1994 essa reserva florestal foi inserida como área núcleo da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo (Oliveira 2011). Nessa área as altitudes variam de 860 a 1075 m acima do nível do mar. O clima é temperado quente e úmido, do tipo *Cfa*, de acordo com o sistema de Köppen (1948). As temperaturas do ar variam de 13 a 21 °C, a precipitação média é de 1339 mm, com média de 30-60 mm no período seco e de 150-200 mm no período chuvoso (Metzger *et al.* 2006b, Oliveira 2011).

Os estudos para exploração do Sistema Alto Cotia foram iniciados por volta de 1898 quando iniciaram os projetos de expansão do sistema de abastecimento da capital paulistana originados pelos problemas de seca e poluição do rio Tietê (Sabesp 1992, 1997, Zuffo 1998). O Sistema é composto por duas represas de abastecimento: Pedro Beicht (montante) e Cachoeira da Graça (jusante). A represa Pedro Beicht foi projetada para regularizar a vazão do rio Cotia, e tem sua descarga dirigida para a represa Cachoeira da Graça que, por sua vez, eleva o nível da água para a captação na estação de tratamento Morro Grande (Sabesp 1992). Dessa forma, as represas são conectadas por um canal natural que percorre cerca de 10 km dentro da Mata Atlântica. Atualmente o sistema abastece meio milhão de habitantes das cidades de Cotia, Embu, Itapeverica da Serra e Embu-Guaçu. Esse sistema é considerado pela Sabesp como padrão de qualidade da RMSP, devido à conservação das represas e de seus afluentes, protegidos pela RFMG, que funciona como um filtro barrando a entrada de nutrientes nas represas (Soares 2003, Metzger *et al.* 2006a, Oliveira 2011). A água proveniente do sistema Alto Cotia é de excelente qualidade, sendo classificada como CLASSE I, ou seja, águas destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção, segundo Decreto Estadual 8468/76 (Zuffo 1998). Contudo, ocorrem ações humanas que representam ameaças à integridade natural da área florestal a exemplo da linha de ferro sorocabana – ligação ferroviária Mairinque-Santos, que desde 1937 corta a região sul da reserva (sudoeste da represa Pedro Beicht) para o escoamento de carvão, além disso atividades de caça, pesca e especulação imobiliária inadequada geram pressão antrópica a esse fragmento florestal (Soares 2003, Metzger *et al.* 2006 b, Oliveira 2011).

A represa Pedro Beicht (Fig. 3 a-f) teve sua construção concluída em 1933, tem área de 2,9 km², capacidade de armazenamento de 14800.000 m³ e vazão mensal de 1,13 m³ s⁻¹, sendo formada pelos rios Capivari e Cotia do Peixe. Esses rios ao entrarem na represa Pedro Beicht são classificados como rios de 4ª ordem e representam seus principais tributários. A represa Cachoeira da Graça (Fig. 3 g-h) construída em 1916, tem área de 0,2 km², capacidade de armazenar 2000.000 m³ e vazão média de 0,52 m³ s⁻¹, é formada pelo rio Cotia, canal que recebe as águas da represa Pedro Beicht e pelo rio Nossa Senhora das Graças que possui grandeza de 4ª ordem. O rio Cotia ao sair da RFMG passa a ter uma grandeza de 5ª ordem (Sabesp 1992, Luz & Ummus 2009, SIGRH 2010 e Oliveira 2011).

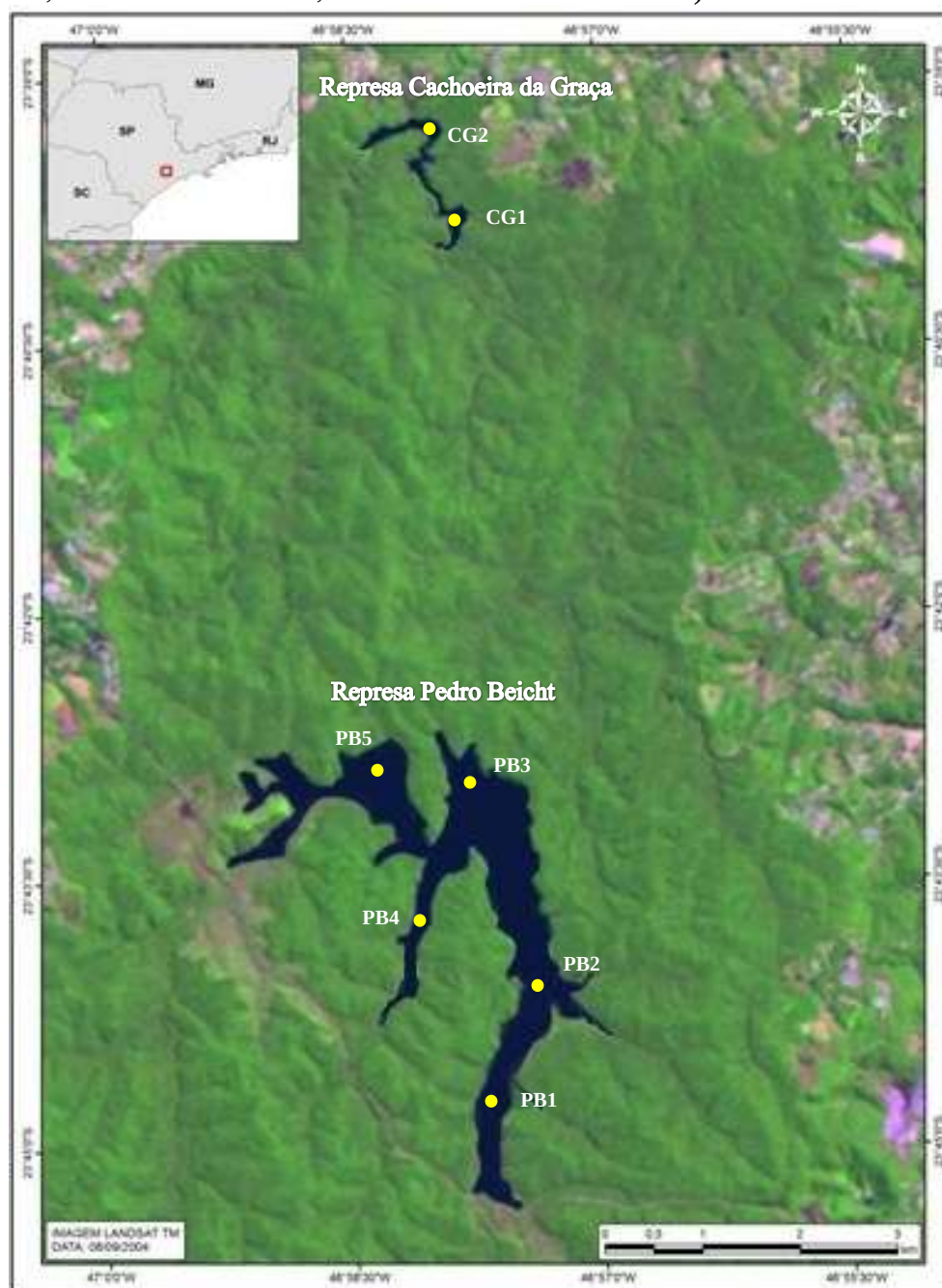


Figura 2. Sistema Produtor Alto Cotia inserido na Reserva Florestal Morro Grande com os locais de amostragem nas represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça (Fonte: LAIT 2010).

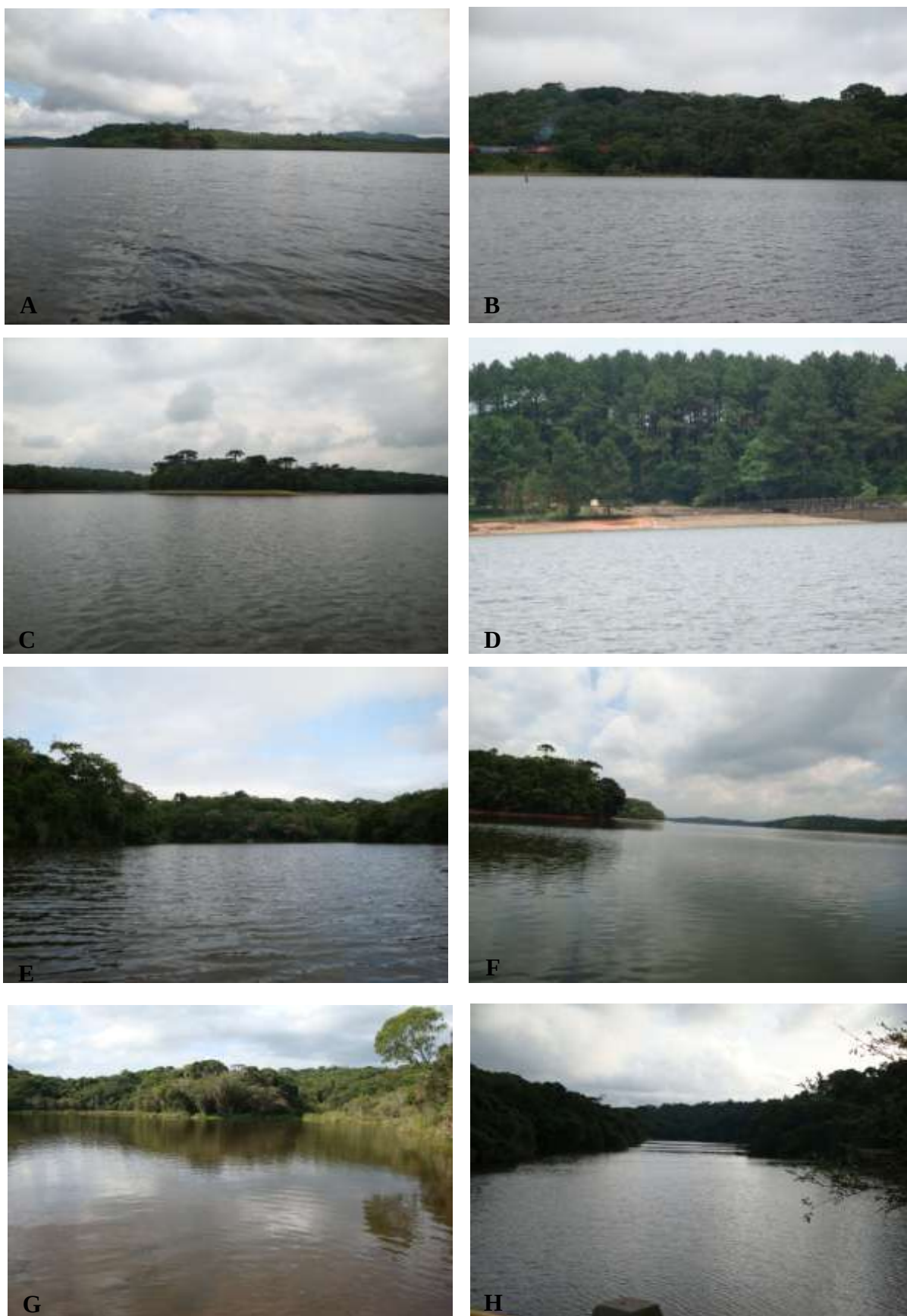


Figura 3. Sistema Produtor Alto Cotia. **A-F:** Represa Pedro Beicht e **G-H:** Represa Cachoeira da Graça. A-B: estação PB1 próxima da linha ferroviária; C: estação PB2; D: estação PB3; E: estação PB4; F: estação PB5; G: estação CG1 e H: estação CG2.

4. Material e Métodos

4.1. Variáveis climáticas

Os dados de precipitação pluvial foram obtidos junto à Sabesp (parceira do projeto temático FAPESP nº 1878/2010). Os dados de temperatura média do ar foram obtidos junto ao Centro de Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO 2012) que mantém uma estação meteorológica no município de São Lourenço da Serra, localizada a cerca de 15,4 km do Sistema Produtor Alto Cotia.

4.2. Regularização e hidráulica do Sistema Produtor

Os dados de volume, cota operacional e vazão para os meses de amostragem foram obtidos junto a Sabesp e a partir deles calculou-se o tempo de residência da água, que consiste em dividir o volume de água armazenada no reservatório pela sua vazão (Nogueira et al. 1999, Rueda 2006)

Calculado da seguinte forma:

$T = \frac{V}{Q}$; onde:

Q

T = tempo de residência (dias)

V = volume do reservatório (m^3)

Q = Descarga ou vazão ($m^3/s \times 86.400s$)

4.3. Delineamento amostral e Coleta do material

As estações de amostragem foram selecionadas após visita a campo, na qual foram analisadas a variação espacial das represas considerando área, profundidade e contribuições dos tributários. Dessa forma, na represa Pedro Beicht foram selecionados cinco estações amostrais, sendo a estação PB1 localizada próxima da entrada do rio Cotia do Peixe; a estação PB2 e PB5, no corpo central da represa, esta última próxima da entrada do rio Capivari; estação PB3, no ponto de captação; e estação PB4 localizada em um meadro da represa (Fig. 4). Na represa Cachoeira da Graça, devido a sua menor área, foram selecionadas duas estações de amostragem: a estação CG1, localizada na entrada do canal de conexão do sistema, e a estação CG2, junto ao ponto de captação de água para a ETA Morro Grande (Fig. 5). Os pontos de captação foram considerados por serem os locais mais profundos e usualmente de maior deposição sedimentar. Nos locais situados nas áreas de captação da água, a Sabesp realiza monitoramento físico, químico e hidrobiológico, e no ponto de

captação da barragem Cachoeira da Graça, a CETESB faz monitoramento da rede básica de abastecimento.

Desta forma, as estações de amostragem compreenderam sete locais, cinco na represa Pedro Beicht e duas na represa Cachoeira da Graça (tabela 1). As amostragens de água ocorreram em duas épocas do ano, ou seja, para abranger os diferentes períodos climáticos inverno (junho/2010) e verão (dezembro/2010), enquanto a dos sedimentos superficiais foi realizada no período seco, já que este compartimento integra uma escala de tempo maior. A coluna d'água foi amostrada considerando-se, primordialmente, o regime de mistura e, secundariamente, o regime de luz, conforme o protocolo existente para o projeto temático AcquaSed, que abrange esse projeto (tabela 2).

Tabela 1. Localização e outras informações das estações de amostragem nas represas do Sistema Alto Cotia, represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) em períodos de inverno e verão. Os estratos de água coletados correspondem à superfície (S), estrato intermediário (M) e 1 m acima do fundo (F).

Estação	Coordenadas	Profundidade máxima (m)		Estrato de água coletado	
		Inv.	Ver.	Inv.	Ver.
PB1	23° 44. 946' S 46°57.660' W	2,7	1,1	S (sup.)	S (sup.)
				M (1 m)	M (0,5 m)
				F (2 m)	F (0,8 m)
PB2	23° 44. 008' S 46°57.409' W	5,9	4,5	S (Sup.+2)	S (sup.)
				M (3 m)	M (1,5+3 m)
				F (5 m)	F (3,5 m)
PB3	23° 43. 048' S 46°57.676' W	10,0	8,0	S (sup.+2,5+5)	S (sup.)
				M (7 m)	M(1+2,5+5 m)
				F (9 m)	F (7 m)
PB 4	23°44. 095' S 46°58.160' W	1,0	0,5	S (sup.)	S (sup.)
PB 5	23°43. 000' S 46°58.647' W	3,0	4,0	S (sup.)	S(sup.+0,5 m)
				F (2 m)	F (3 m)
CG1	23° 39. 779' S 46°57.928' W	1,6	0,85	S (sup.)	S (sup.)
					M(0,5+1,5 m)
					F (2 m)
CG2	23° 39. 290' S 46°57.784' W	1,8	1,0	S Sup.)	S (sup.)
				F (1 m)	F (0,5 m)

Tabela 2. Protocolo de amostragem da coluna da água, com base no perfil térmico e transparência.

REGIÃO PELÁGICA		REGIÃO MAIS RASA		
Estratégia A (coluna em mistura)	Estratégia B (coluna estratificada)	Estratégia A (se 1% de luz = Z _{max})	Estratégia B (se 1% de luz < Z _{max})	Estratégia C (se região litoral profunda)
Coletar 3 amostras:	Coletar 3 amostras:	Coletar 1 amostra:	Coletar 2 amostras:	
- Integrar* até 1% de luz	- Integrar* epilímnio	- Integrar* até 1 m acima do fundo	- Integrar* até 1% de luz	- Seguir
- na zona média	- Integrar* hipolímnio até 1% de luz (caso hipolímnio		- 1 m acima do fundo	estratégias
- 1 m acima do fundo	afótico, integrar até a prof. média)			delineadas para região pelágica.
	- 1 m acima do fundo			

*Integração da amostra: a camada de água a ser integrada deve ser dividida em partes (superfície, meio e fundo), das quais serão coletadas igual volume (1 L), que serão integrados em um único galão.

As coletas da coluna da água foram realizadas com garrafa de van Dorn e as amostras ($n = 1$) foram acondicionadas em galões de polietileno de 5 litros, sendo que o oxigênio dissolvido foi fixado em campo (Fig. 6). Para estudo taxonômico, o fitoplâncton foi coletado mediante arrastos de rede de plâncton de 20 μ m de abertura de malha e as amostras fixadas com formalina 4%. No laboratório, foram retiradas 250 ml das amostras obtidas com garrafa de van Dorn para a análise quantitativa do fitoplâncton, as quais foram fixadas com lugol acético 3-5%. O compartimento dos sedimentos foi amostrado com testemunhador de gravidade da marca UWITEC (Mondsee, Áustria), aproveitando-se os dois primeiros centímetros superficiais (Fig. 7). As amostras ($n = 3$) foram acondicionadas em potes de polietileno e mantidas sob-refrigeração, até o momento das análises.

Considerando os diferentes compartimentos amostrados, o número total de amostras para o Sistema Alto Cotia foi de:

- *Coluna d'água (água e fitoplâncton:* 15 amostras (inverno) e 15 (verão); totalizando 30 amostras.
- *Sedimentos superficiais:* 21 amostras, incluindo repetições.

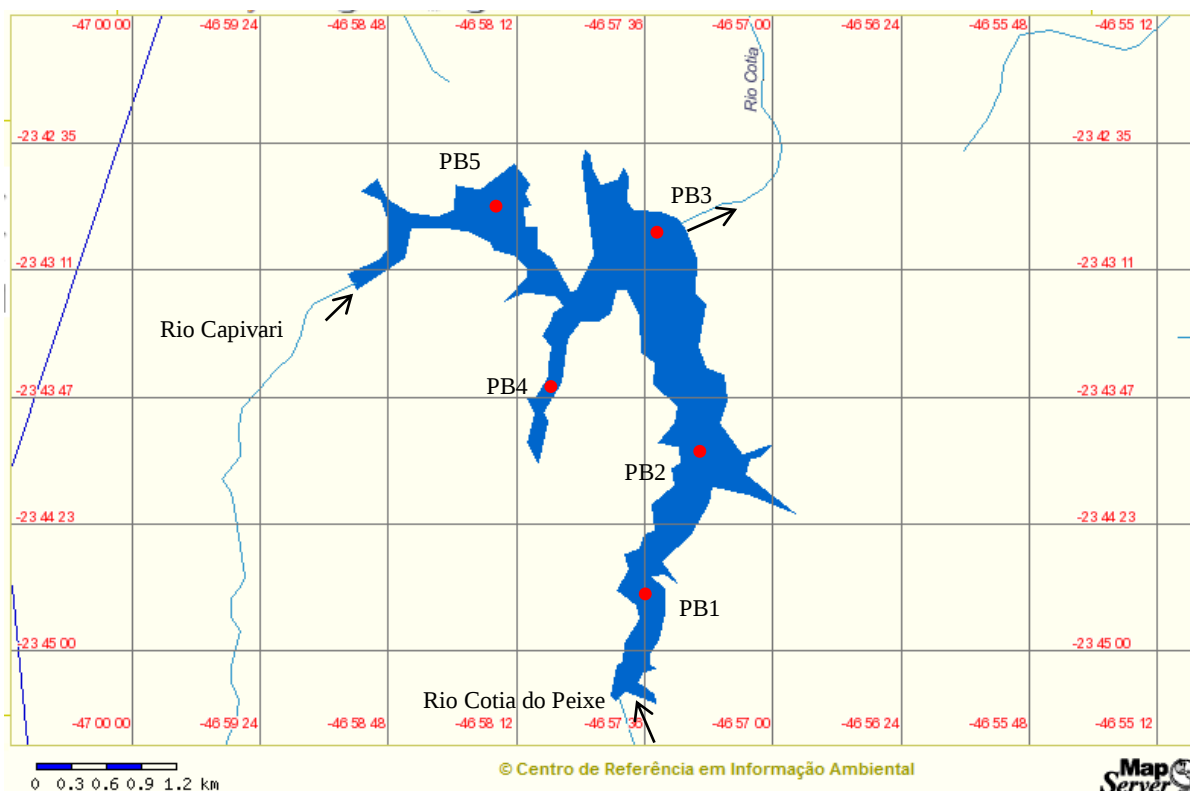


Figura 4. Localização das estações de amostragem na represa Pedro Beicht, situada a montante do Sistema Produtor Alto Cotia. Setas indicam as entradas dos principais tributários e a descarga para regularizar a represa a jusante (Fonte: sinbiota.biota.org.br/atlas)

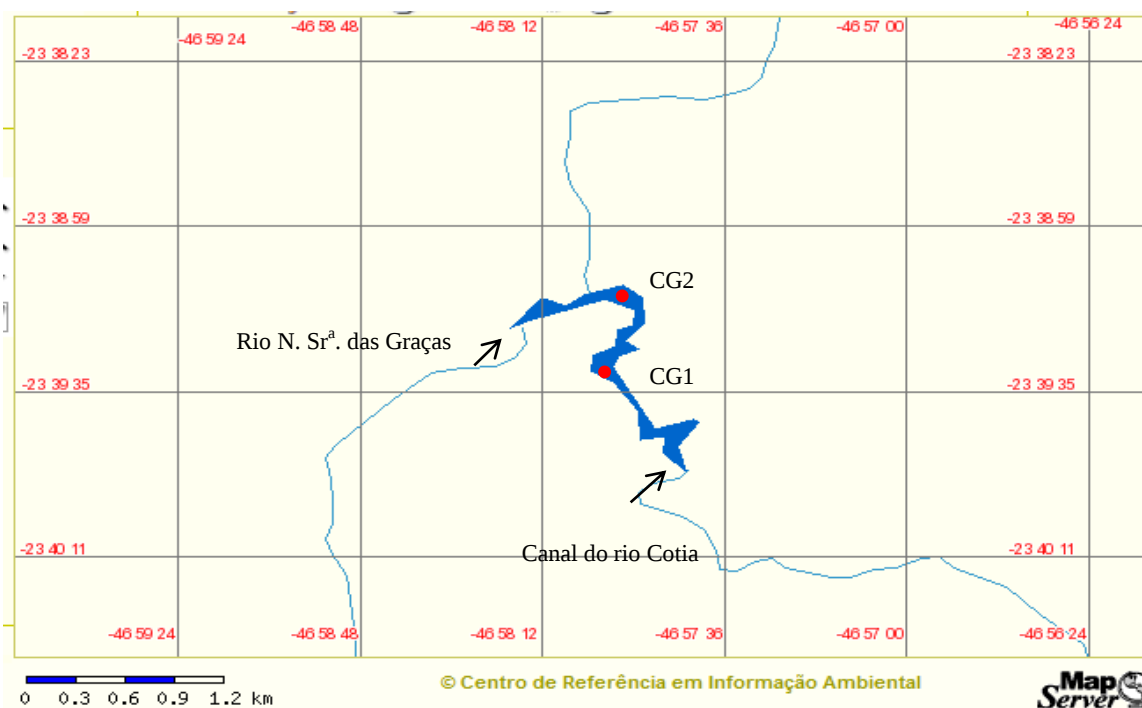


Figura 5. Localização das estações de amostragem na represa Cachoeira da Graça, situada a jusante do Sistema Produtor Alto Cotia. Setas indicam as entradas dos principais tributários e a vazão para a estação de tratamento (Fonte: sinbiota.biota.org.br/atlas).



Figura 6. Amostragem da coluna d'água no Sistema Alto Cotia. A: coleta com garrafa de van Dorn e B: subamostra para análise de oxigênio dissolvido.

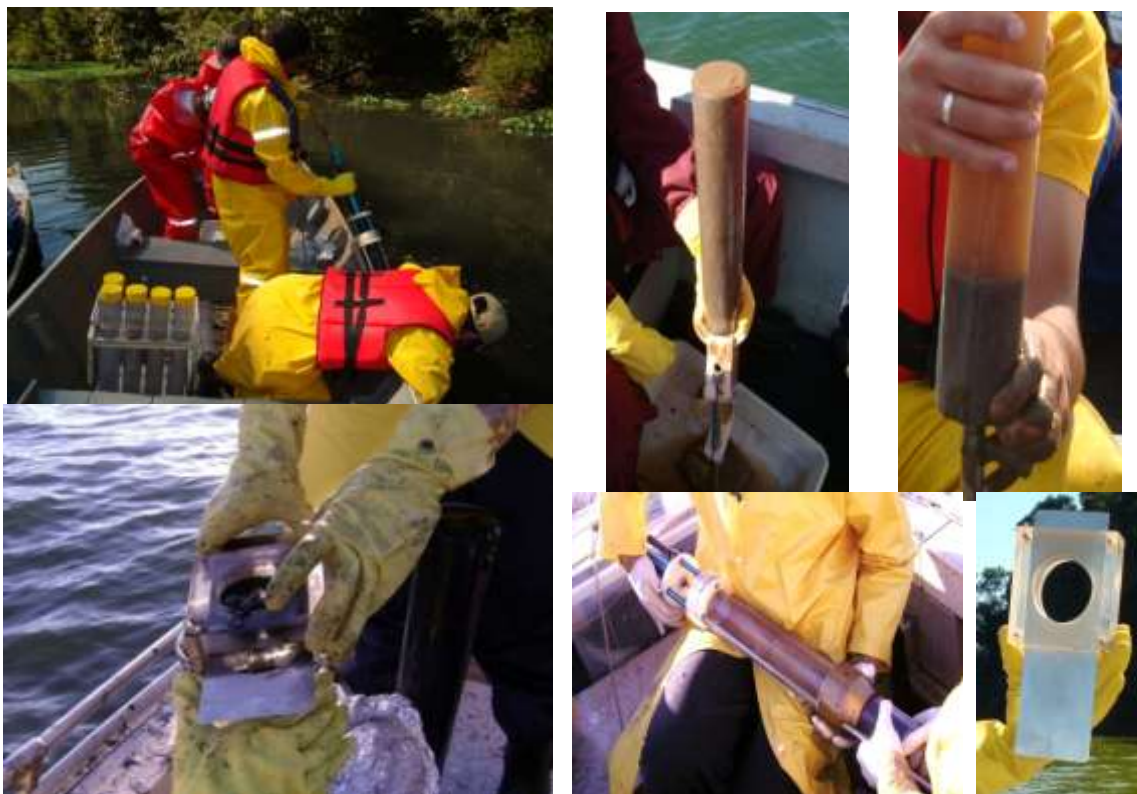


Figura 7. Amostragem dos sedimentos de superfície com auxílio de testemunhador de gravidade e fatiamento dos dois centímetros iniciais.

4.4. Variáveis limnológicas abióticas e Biomassa fitoplanctônica

Os perfis de temperatura, pH e condutividade elétrica foram obtidos *in situ* a cada 0,50 (locais mais profundos) ou 0,25 m (estações mais rasas) com auxílio de sonda multiparâmetro Eureka e/ou Horiba. Devido a problemas de medição do oxigênio dissolvido *in situ* no período de verão (sem sinal), decidiu-se adotar os valores obtidos pelo método de Winkler (Golterman *et al.* 1978), que sempre são muito confiáveis. A transparência da água e a profundidade da zona eufótica foram calculadas a partir das medidas de desaparecimento da profundidade do disco de Secchi. As demais variáveis analisadas incluíram: alcalinidade (Golterman & Clymo 1971), formas de carbono inorgânico dissolvido e nitrato (Mackereth *et al.* 1978), nitrogênio amoniacal (Solorzano 1969), ortofosfato e fósforo total dissolvido (Strickland & Parsons 1960), nitrogênio total e fósforo total (Valderrama 1981) e sílica solúvel reativa (Golterman *et al.* 1978). As amostras para a fração dissolvida dos nutrientes foram filtradas em filtro Whatman GF/F, sob baixa pressão (< 0,5 atm). A clorofila-*a* (corrigida da feofitina) seguiu o método do etanol 90% aquecido por 5 minutos, sem maceração (Sartory & Grobbelaar 1984), e os cálculos foram baseados em Golterman *et al.* (1978) e Wetzel & Likens (1991). As análises foram processadas no dia da coleta, exceto clorofila-*a* e formas totais de nutrientes, que foram analisadas dentro de no máximo 30 dias.

4.5. Variáveis Físicas e Químicas do Sedimento

As variáveis geoquímicas analisadas foram fósforo total (Valderrama 1981; Andersen 1976), carbono orgânico total e nitrogênio total (analisador elementar PDZ Europa ANCA_GSL acoplado a espectrômetro de massa PDZ Europa 20-20, realizadas em laboratório acreditado internacionalmente, UC Davis Stable Isotope Facility, University of California). Para granulometria foi utilizado analisador automático CILAS 1064L, que avalia o tamanho das partículas a partir do espalhamento de feixe a laser, do Laboratório de Sedimentologia da Universidade Federal Fluminense. Os resultados finais foram calculados utilizando o programa computacional Gradistat®, versão 8.0 (Blott & Pye 2001). A escala de classificação de tamanho utilizada pelo Gradistat® é a escala adaptada de Wentworth (1922) (tabela 3). Com o objetivo de se compor a heterogeneidade das estações de amostragem, as amostras de sedimento ($n = 3$) foram integradas antes da realização de cada análise, utilizando-se sempre a mesma alíquota de cada amostra individual.

Tabela 3. Classificação dos grãos em relação ao tamanho utilizado pelo Gradistat®.

Grão	Tamanho do grão (µm)
Areia grossa	> 500
Areia média	250-500
Areia fina	125-250
Areia muito fina	63-125
Silte muito grosso	31-63
Silte grosso	16-31
Silte médio	8-16
Silte fino	4-8
Silte muito fino	2-4
Argila	< 2

4.6. Análise das Diatomáceas

As diatomáceas foram avaliadas mediante análise taxonômica e quantitativa das amostras planctônicas e de sedimentos superficiais. A oxidação das amostras seguiu Battarbee (1986) e as lâminas permanentes foram montadas utilizando-se Naphrax® ($IR = 1,73$) como meio de inclusão. Para análise quantitativa, utilizou-se uma alíquota conhecida do material oxidado: (a) para o fitoplâncton, foram integrados e concentrados por sedimentação 60-90 mL da amostra original coletada com garrafa de van Dorn e (b) para o sedimento, foram oxidados 0,1 g massa seca, sendo utilizada uma alíquota de $0,25 \mu\text{g L}^{-1}$ de 10 ml de amostra oxidada.

Análise taxonômica - Foi baseada na análise populacional, verificando a variabilidade morfológica das espécies e táxons infraespecíficos. Os táxons foram identificados com auxílio de obras clássicas e modernas *e.g.* van Heurck (1899), Hustedt (1930), Round *et al.* (1990), Krammer & Lange-Bertalot (1991), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998, 2007), Lange-Bertalot (2001), Metzeltin, Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez (2005), Taylor *et al.* (2007), bem como da harmonização taxonômica em andamento do projeto AcquaSed. A análise foi realizada por meio de microscópio óptico binocular Zeiss®, Axioscop 2 *plus*, equipado com contraste-de-fase, câmara-clara e sistema de captura de imagem. A padronização dos nomes botânicos foi realizada após consulta ao catálogo de gêneros de diatomáceas disponibilizado pela Academia de Ciências da Filadélfia (Academia de Ciências da Filadélfia 2010).

Análise quantitativa - A análise quantitativa foi realizada de acordo com o método de Battarbee (1986), tendo como unidade básica de contagem a valva (frústula completa foi considerada como duas valvas). Espécies fragmentadas com mais de 50% da valva foram incluídas na contagem quando passíveis de identificação por meio de sua área central ou características diagnósticas (Battarbee *et al.* 2001).

As amostras dos perfis verticais foram integradas no laboratório através de uma amostra composta de igual volume para as estações onde houve mais de um estrato de coleta. Da amostra integrada (250 ml), foram oxidados de 60 a 90 mL, que por sua vez foram

concentrados em 10,5 a 22 mL. Para a preparação das lâminas permanentes foram utilizadas 2 a 6 mL, dependendo da amostra. Para as amostras de sedimento 1 g foi oxidado e a partir do volume inicial que variou entre 21 e 15 mL foram usadas subamostras de 0,25 µL para as lâminas permanentes. As amostras utilizadas para o preparo das lâminas permanentes estão depositadas em Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann” (SP) do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (tabela 4).

Tabela 4. Listagem das amostras coletadas no Sistema Produtor Alto Cotia, indicando o número de depósito no herbário, tipo de amostra e represa.

Herbário – SP	Hábitat	Represa	Estação
427.578	Sedimento	Pedro Beicht	PB1
427.579	Sedimento	Pedro Beicht	PB2
427.580	Sedimento	Pedro Beicht	PB3
427.581	Sedimento	Pedro Beicht	PB4
427.582	Sedimento	Pedro Beicht	PB5
427.583	Sedimento	Cachoeira da Graça	CG1
427.584	Sedimento	Cachoeira da Graça	CG2
427.585	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB1
427.586	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB2
427.587	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB3
427.588	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB4
427.589	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB5
427.590	Fitoplâncton	Cachoeira da Graça	CG1
427.591	Fitoplâncton	Cachoeira da Graça	CG2
427.592	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB1
427.593	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB2
427.594	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB3
427.595	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB4
427.596	Fitoplâncton	Pedro Beicht	PB5
427.597	Fitoplâncton	Cachoeira da Graça	CG1
427.598	Fitoplâncton	Cachoeira da Graça	CG2

A análise foi realizada por meio de microscópio óptico binocular Zeiss®, Axioscop 2 plus, equipado com contraste-de-fase, câmara-clara e sistema de captura de imagem. O cálculo da densidade e abundância relativa foi obtido pela contagem de valvas em transeções

longitudinais nas lâminas permanentes, utilizando aumento de 1000X. O limite de contagem foi estabelecido a partir de três critérios a fim de padronizar o esforço de quantificação das amostras e permitir comparações entre as comunidades de diferentes compartimentos: curva de rarefação de espécies (Bicudo 1990), mínimo de 400 valvas no total, e eficiência de contagem mínima de 90% de acordo com a fórmula de Pappas & Stoermer (1996):

$$\text{Eficiência} = 1 - (\text{número de espécies} / \text{número total de valvas})$$

O cálculo da densidade das diatomáceas seguiu as seguintes equações:

$$N = (n \times \frac{Al}{(Nc \times Ac)} \times \frac{V}{v}) / M \quad \text{para sedimentos (Battarbee 1986)}$$

$$N = (n \times \frac{Al}{(Nc \times Ac)} \times \frac{V_1}{v}) / V \quad \text{para fitoplâncton (adaptado de Battarbee 1986)}$$

Onde:

N= nº valvas/mL ou valvas/g massa seca

n = número de valvas contadas

Al= área da lamínula

Nc= número de campos contados

Ac= área do campo (mm²)

V₁= volume da amostra oxidada (mL)

v= volume da subamostra (mL)

V= volume da amostra inicial

M = massa da amostra inicial (g)

Informações ecológicas – Realizou-se revisão de literatura sobre a ecologia dos táxons encontrados (Lowe 1974, Wolf 1982, van Dam *et al.* 1994, Dennys 1991, Lobo *et al.* 1995, 1996, Moro & Fürstenberger 1997, Schönfelder *et al.* 2002, Costa 2008), bem como busca em endereços eletrônicos específicos de diatomáceas e o programa OMNIDIA, versão 4.2 (Lecointe *et al.* 1993), que oferece um banco de dados completo sobre a ecologia de aproximadamente 13.000 táxons. Ainda, buscaram-se em endereços eletrônicos específicos de diatomáceas a exemplo das universidades de Newcastle e da Universidade do Colorado (USA).

4.7. Análise Numérica dos Dados

4.7.1. Índices Ecológicos

- Índice de Qualidade da Água - Estado trófico (IET): Aplicou-se o IET de Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004) para reservatórios. Este índice utiliza como

base três variáveis: a profundidade do desaparecimento do disco de Secchi, concentrações superficiais de fósforo total e clorofila-a.

A classificação adota os seguintes valores:

- ultraoligotrófico ($IET \leq 47$),
- oligotrófico ($IET = 48-52$),
- mesotrófico ($IET = 53-59$),
- eutrófico ($IET = 60-63$),
- supereutrófico ($IET = 64-67$) e
- hipereutrófico ($IET > 67$).

- Riqueza específica de espécies (S) - definida como o número total de táxons encontrados em uma dada amostra.

- Índice de Simpson (D) - proposto por Simpson (1949) baseado na probabilidade de que qualquer dois indivíduos coletados aleatoriamente em uma amostra pertençam à mesma espécie, sendo calculado pela seguinte equação: $D = \sum \left(\frac{ni(ni-1)}{N(N-1)} \right)$

Onde:

ni = abundância relativa de cada táxon na unidade amostral

N = número total de indivíduos na amostra

Os valores de D variam de 0 a 1 e quanto maior o valor de D menor a diversidade. Para evitar um raciocínio não lógico, adotou-se também a forma complementar ou recíproca do índice e, em ambas, quanto maior o valor, maior a diversidade (Magurran 2004). A forma complementar do índice é expressa como $(1-D)$, enquanto a forma recíproca é calculada como $(1/D)$.

- Equitatividade de Simpson (E) - medida que expressa o quanto os valores de diversidade de Simpson estão próximos do máximo teórico (Magurran 2004). Varia de 0 (não homogêneo) a 1 (totalmente homogêneo), sendo calculada pela equação:

$$E = (1 - D) / S$$

Onde:

D = Diversidade de Simpson

S = Riqueza específica da amostra

- Espécies descritoras da comunidade de diatomáceas: adotou-se o critério de Lobo & Leighton (1986), onde são consideradas espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da amostra, e abundantes, aquelas cujas densidades superam a densidade média de cada amostra.

4.7.2. Análise Estatística

As análises conjuntas dos dados foram avaliadas mediante análises estatísticas multivariadas, tais como de ordenação e de classificação (Digby & Kempton 1987, Pielou 1984), bem como pelo cálculo de índices de similaridade de Bray-curtis. Foram utilizadas as espécies descritoras nesta análise. Para os dados abióticos foi utilizada análise de componentes principais (ACP), com os dados transformados pela amplitude de variação “ranging” $[(x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})]$. Para a matriz de dados biológicos utilizou-se a Análise das Coordenadas Principais (PCoA), com os dados logaritmizados $[\log (x+1)]$. Foram utilizadas as espécies com abundância relativa igual ou maior do que 2%. Para matrizes integradas de componentes bióticos e abióticos utilizou-se análise de correspondência canônica (ACC) (Ter-Braak 1986).

Os programas estatísticos utilizados para análises multivariadas foram FITOPAC (Shepherd 1996) para a transformação dos dados e PC-ORD versão 6.0 (McCune & Mefford 2011).

5. Resultados

5.1 Características Limnológicas Abióticas das represas do Sistema Alto Cotia

5.1.1. Variáveis Climatológicas

Com base no histórico anual de precipitação e temperatura para a região do Sistema Produtor Alto Cotia, os períodos de amostragem nas represas foram típicos, ou seja, de inverno seco com temperaturas baixas e de verão chuvoso com temperaturas elevadas (Fig.8). Assim, nos meses dos períodos de amostragem, junho e dezembro de 2010, a precipitação foi baixa (4,6 mm) e elevada (228,9 mm), com temperaturas médias de 13,8 e 19°C, respectivamente.

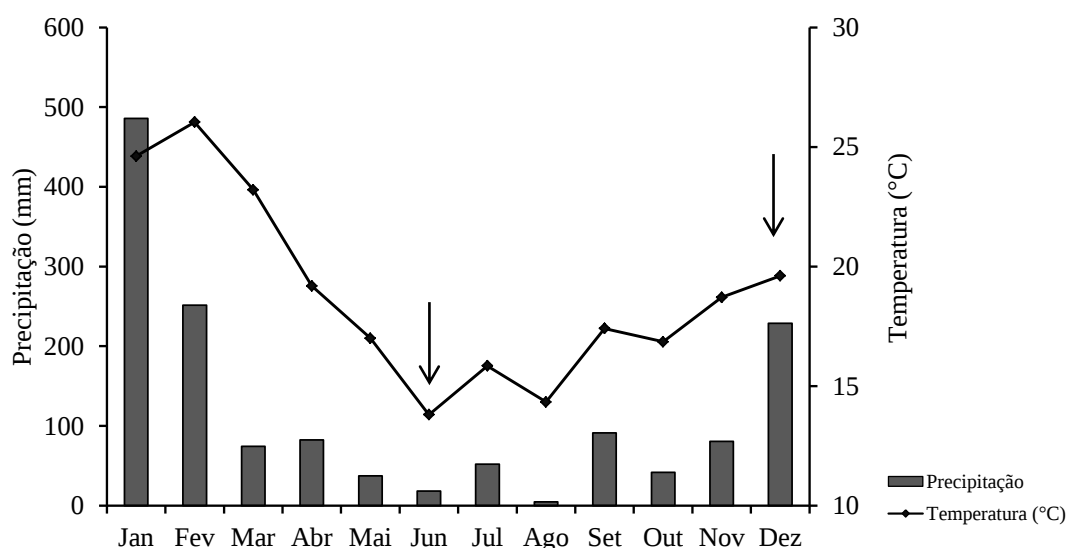


Figura 8. Médias mensais de precipitação e temperatura no Sistema Produtor Alto Cotia no período de janeiro a dezembro de 2010. Setas: período de amostragem. Fonte: Sabesp e CIIAGRO.

5.1.2. Aspectos Morfométricos e Variáveis Abióticas do Compartimento Água

Conforme informações cedidas pela Divisão ETA Cotia (Sabesp/MATC, 2011), durante o período de estudo, verificaram-se diferenças no volume de armazenamento das represas do sistema Alto Cotia, decorrentes das operações das comportas realizadas nas represas para o período onde ocorrem os maiores índices pluviométricos. Na amostragem de inverno, o sistema produtor operou com volume de 101,1%, enquanto que, no verão, o volume armazenado foi de 61,8%, havendo, desta forma, um desnível de cerca de 1 m nas estações de amostragem de ambas as represas durante o verão, ainda que represente o regime de maior precipitação neste período. O tempo de residência para o sistema produtor (duas

represas) variou de 130 dias (inverno) e 169 dias (verão), conforme cálculos realizados a partir das informações fornecidas sobre o volume e vazão.

As diferenças na operação do Sistema Produtor Alto Cotia acarretaram em alterações nas profundidades máximas (Z_{max}) das estações de amostragem. Na represa Pedro Beicht ($2,9 \text{ km}^2$ de área) a profundidade máxima flutuou de 10 m (inverno) a 8 m (verão), enquanto na represa Cachoeira da Graça ($0,19 \text{ km}^2$ de área) a variação foi de a 1,8 m (inverno) a 1,0 m (verão) (Fig. 9). Essa tendência de variação não foi observada na estação PB5, muito provavelmente, pelo deslocamento da amostragem de verão em relação à posição original definida no período anterior.

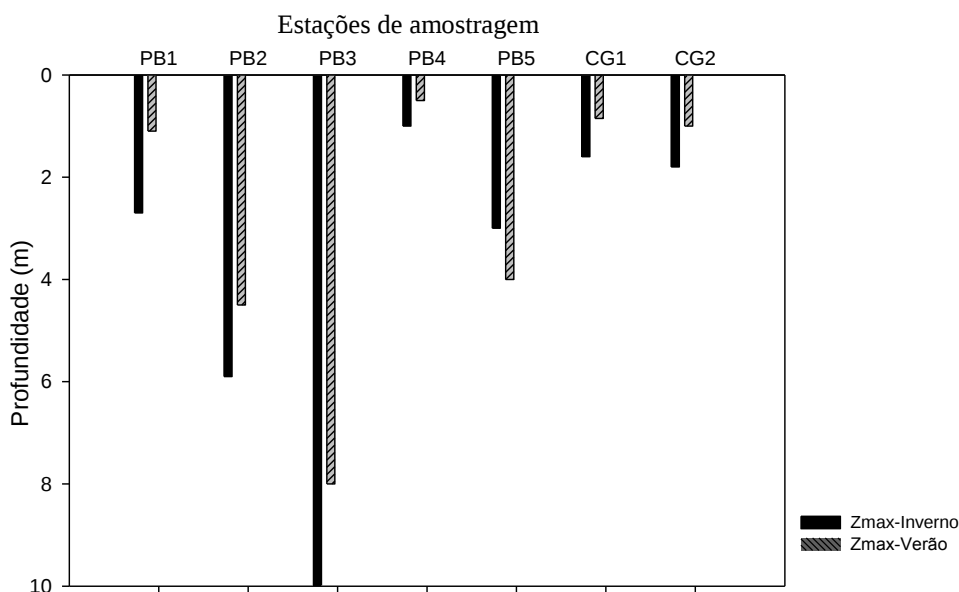


Figura 9. Profundidade máxima (Z_{max}) das estações de amostragem nas represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) em períodos de inverno e verão.

A temperatura da água de superfície variou de $15,3^{\circ}\text{C}$ (inverno) a $27,0^{\circ}\text{C}$ (verão). Em relação ao perfil térmico de inverno, não houve estratificação térmica na represa Pedro Beicht, enquanto que na represa Cachoeira da Graça ocorreu estratificação apenas na estação CG1, provavelmente de curta duração, por se tratar de uma estação com baixa profundidade (Fig. 10). No período de verão, estratificações mais acentuadas ocorreram em PB1, PB3, PB4, CG1 e CG2, alguma delas em locais mais rasos e, assim, provavelmente de curta duração. Na estação onde é feita a captação de água (PB3) foram observadas duas estratificações, de superfície e após a profundidade média (Fig. 10).

Em relação à transparência, a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi durante o inverno variou de 1,0 m (PB4, $Z_{max} = 1,0 \text{ m}$) a 1,8 m (PB3, $Z_{max} = 10 \text{ m}$) na represa na represa Pedro Beicht, e na represa Cachoeira da Graça de 1,3 m nas duas estações

de amostragem da (CG1, $Z_{\max} = 1,6$ m e CG2, $Z_{\max} = 1,8$ m) (Fig. 11). Na amostragem do verão, o desaparecimento do disco de Secchi variou de 0,5 (PB4, $Z_{\max} = 0,5$ m) a 1,3 m (PB2, $Z_{\max} = 4,5$ m; PB3, $Z_{\max} = 8$ m e PB5, $Z_{\max} = 4$ m) na represa Pedro Beicht, enquanto que na represa Cachoeira da Graça variou de 0,7 m (CG1) a 0,85 m (CG2), valores muito próximos à $Z_{\max}$ (Fig. 10). Assim, considerando a profundidade máxima das estações de amostragem, a transparência foi sempre menor na estação de captação de água (PB3).

As demais variáveis limnológicas estão sumarizadas nas tabelas 5 (inverno) e 6 (verão).

As represas apresentaram elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na coluna d'água, em ambos os períodos de amostragem. Suas águas superficiais foram levemente ácidas, variando de 5,8 a 6,3 no inverno, e de 6,1 a 6,5 no verão com exceção da estação mais rasa (CG1), que atingiu a neutralidade. Os valores de condutividade foram sempre baixos, porém levemente maiores no período de verão e maiores na represa Cachoeira da Graça em ambos os períodos (tabelas 5 e 6).

A concentração de nutrientes dissolvidos nas represas foi baixa e em algumas estações estiveram abaixo do limite de detecção do método utilizado. Considerando a série nitrogenada, os valores de amônio mantiveram-se abaixo do limite do método durante o inverno, o mesmo ocorrendo para os níveis de nitrato, porém no verão. Quando detectáveis, as concentrações foram baixas e variaram de 10 a 49 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{ L}^{-1}$, e de 9 a 36 $\mu\text{g N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ (tabelas 5 e 6). As formas dissolvidas de fósforo também apresentaram valores baixos, estando mais usualmente abaixo do limite do método em ambos os períodos. As concentrações de sílica solúvel reativa foram baixas e similares (2 a 3 mg SSR L^{-1}) ao longo da coluna d'água, entre as estações de amostragem, sendo levemente maior na represa Cachoeira da Graça nos dois períodos de estudo.

Em relação ao nitrogênio total, os valores foram levemente mais elevados no período do inverno, com destaque para as estações PB1, CG1 e CG2 em ambos os períodos, tanto considerando os valores de superfície quanto o valor médio para coluna d'água (Fig. 11a, b). Os teores de fósforo total não ultrapassaram 20 $\mu\text{g PT L}^{-1}$, sendo mais elevados em PB1, CG1 e CG2 no período de verão (Fig. 11c, d). A razão molar NT:PT da água superficial esteve sempre acima de 15, (exceto a estação PB4, verão, razão molar = 14) sendo particularmente mais elevada na represa Cachoeira da Graça (CG1, CG2) e também em (PB1) no período de inverno (Fig. 12).

Considerando a biomassa fitoplanctônica (clorofila-a) nos estratos superficiais das duas represas, observa-se a tendência dos valores serem mais elevados no verão, bem como

na represa Pedro Beicht (Fig. 13). Na estação PB2, durante o verão, não foi obtida leitura para clorofila-a.

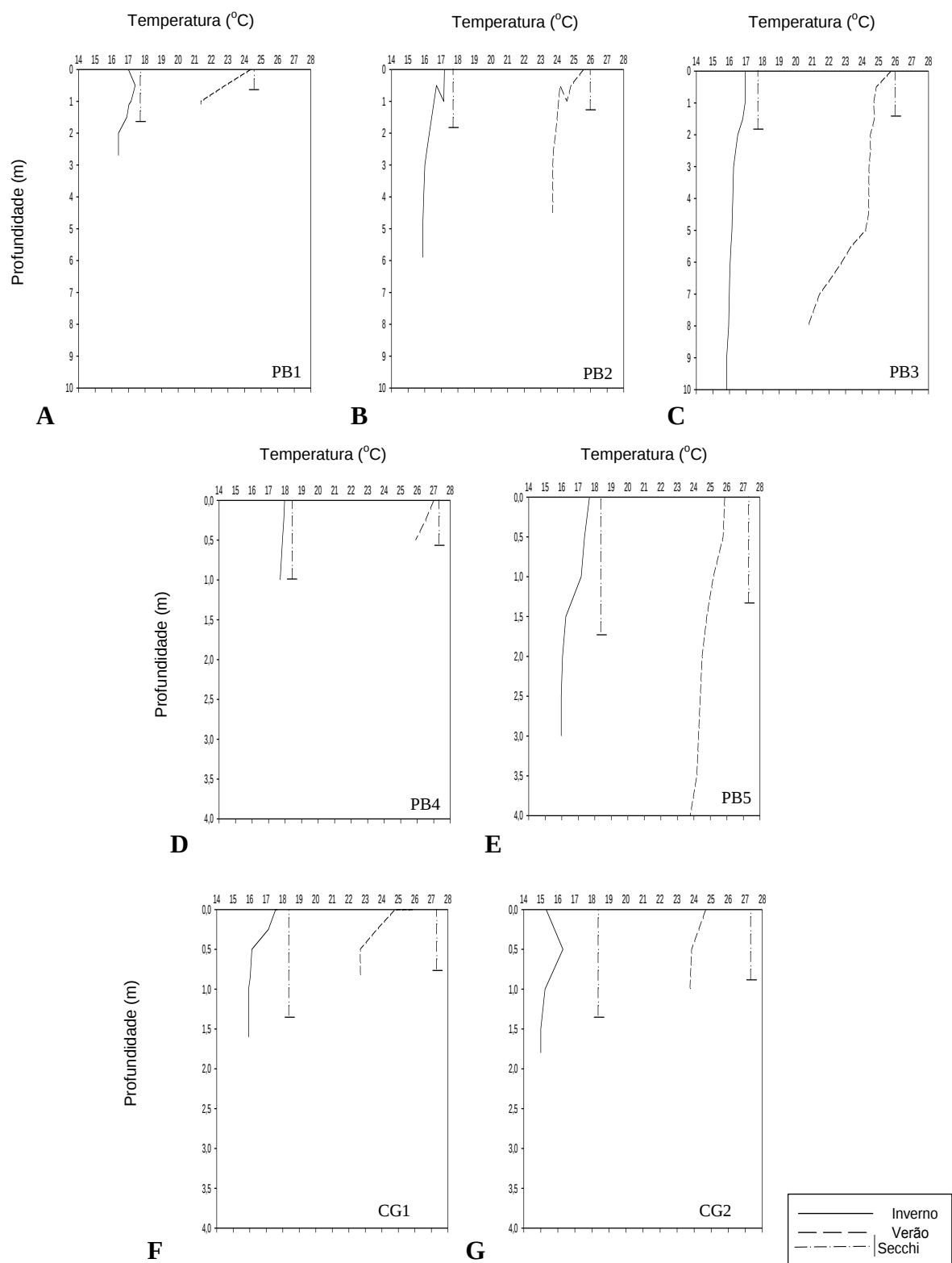


Figura 10. Perfil térmico e profundidade de desaparecimento do disco de Secchi (m) no período de inverno e verão nas represas Pedro Beicht (PB: A a E) e Cachoeira da Graça (CG: F a G). Notar escalas diferentes do eixo y.

Tabela 5. Variáveis limnológicas nas represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) no período de inverno. Legenda: S (superfície), M (estrato intermediário), F (1 m acima do fundo); < menor do que o limite de detecção do método.

Estação	Temp °C	Cond ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	Secchi (m)	OD (mg L^{-1})	N-NH ₄ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	N-NO ₃ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	P-PO ₄ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	PDT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	PT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	SSR (mg L^{-1})	CO ₂ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	HCO ₃ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Clo-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)
PB1 S	17,0	13,2	6,3	1,6	7,30	< 10	< 8,00	429,25	< 4	< 4	16,50	2,20	5,79	5,43	7,91
PB1 M	17,2	13,2	6,3	---	10,12	< 10	14,67	375,19	< 4	< 4	14,03	2,29	5,09	5,73	6,15
PB1 F	16,4	13,5	6,0	---	8,34	12,55	< 8,00	336,13	< 4	< 4	15,57	2,51	10,13	5,86	9,89
PB2 S	16,7	13,1	6,3	1,7	8,19	< 10	9,69	319,56	< 4	< 4	14,33	2,22	5,53	5,55	9,67
PB2 M	16,3	13,1	6,2	---	3,41	< 10	< 8,00	355,47	< 4	< 4	14,95	1,98	6,96	5,43	9,89
PB2 F	16,2	13,1	6,2	---	3,89	< 10	< 8,00	278,53	4,66	< 4	13,25	2,30	7,12	5,55	6,59
PB3 S	16,5	13,1	6,2	1,8	4,06	< 10	18,65	297,47	< 4	< 4	14,18	2,09	6,54	6,04	7,91
PB3 M	16,0	13,2	6,0	---	7,30	< 10	11,67	231,58	8,44	< 4	12,01	1,94	10,99	5,79	13,18
PB3 F	15,8	13,2	5,9	---	8,02	< 10	< 8,00	270,64	< 4	< 4	15,88	2,09	13,11	5,49	13,18
PB4 S	18,0	13,2	6,2	1,0	7,46	< 10	18,95	272,61	< 4	5,75	15,42	2,19	6,00	5,24	15,82
PB5 S	17,7	13,2	6,3	1,7	6,50	< 10	9,87	239,08	< 4	< 4	14,49	2,28	4,82	5,43	4,39
PB5 F	16,1	13,2	6,4	---	7,39	< 10	11,94	233,16	< 4	< 4	14,64	2,25	4,75	5,73	7,03
CG1 S	19,6	14,6	5,8	1,3	7,54	14,21	24,45	450,95	4,22	4,28	16,35	3,28	16,13	6,16	0,98
CG2 S	16,3	14,6	5,9	1,3	9,68	< 10	22,90	348,76	6,40	< 4	13,87	3,35	16,23	6,95	5,02
CG2 F	15,3	14,7	6,0	---	9,65	< 10	36,00	321,54	5,24	< 4	16,35	3,45	12,84	6,77	0,00

Tabela 6. Variáveis limnológicas nas represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) no período de verão. Legenda: S (superfície), M (estrato intermediário), F (1 m acima do fundo); < menor do que o limite de detecção do método.

Estação	Temp °C	Cond ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	Secchi (m)	OD (mg L^{-1})	N-NH ₄ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	N-NO ₃ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	P-PO ₄ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	PDT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	PT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	SSR (mg L^{-1})	CO ₂ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	HCO ₃ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Clo-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)
PB1 S	24,4	15,3	6,1	0,62	5,76	40,34	22,50	323,20	< 4	4,87	18,04	2,51	8,03	6,40	10,55
PB1 M	22,8	15,7	6,1	---	3,57	19,76	< 8	279,80	< 4	< 4	15,87	2,65	7,98	5,67	14,06
PB1 F	21,4	17,6	5,7	---	5,10	19,76	< 8	248,44	7,01	12,40	14,14	3,48	19,37	5,61	36,03
PB2 S	25,6	14,9	6,4	1,28	8,51	20,27	< 8	235,13	< 4	< 4	12,55	2,18	3,83	5,30	0,00
PB2 M	23,9	15,0	6,2	---	5,19	10,23	< 8	263,96	< 4	< 4	< 4	2,15	5,92	5,55	0,00
PB2 F	23,7	15,1	5,9	---	3,98	< 10,00	< 8	202,19	5,26	8,56	14,29	2,20	13,08	5,73	0,00
PB3 S	25,7	15,0	6,4	1,29	6,32	20,27	< 8	217,39	< 4	< 4	13,42	2,11	3,76	5,85	16,11
PB3 M	24,5	15,0	6,5	---	7,80	22,78	< 8	164,49	< 4	< 4	11,26	2,16	2,96	5,49	11,42
PB3 F	21,4	19,2	5,4	---	1,30	21,52	< 8	195,85	4,38	5,01	< 4	2,32	44,29	6,28	2,64
PB4 S	27,0	14,9	6,3	0,50	2,52	14,75	< 8	197,43	4,97	4,42	14,50	2,36	5,26	5,79	6,15
PB5 S	25,8	15,0	6,3	1,30	5,52	34,82	< 8	170,51	< 4	9,59	10,97	2,58	4,19	4,94	12,30
PB5 F	24,3	15,5	6,0	---	3,73	44,85	< 8	165,75	< 4	5,90	16,16	2,81	8,56	5,06	8,79
CG1 S	24,8	17,7	6,9	0,70	6,65	48,87	< 8	340,63	6,58	5,16	14,86	2,98	1,25	6,03	2,64
CG2 S	24,7	17,1	6,5	0,85	8,29	22,78	< 8	302,01	5,26	6,49	19,19	3,09	3,56	6,22	7,03
CG2 F	23,9	17,4	6,5	---	5,19	14,75	< 8	324,53	< 4	9,30	17,90	3,08	3,39	6,34	15,82

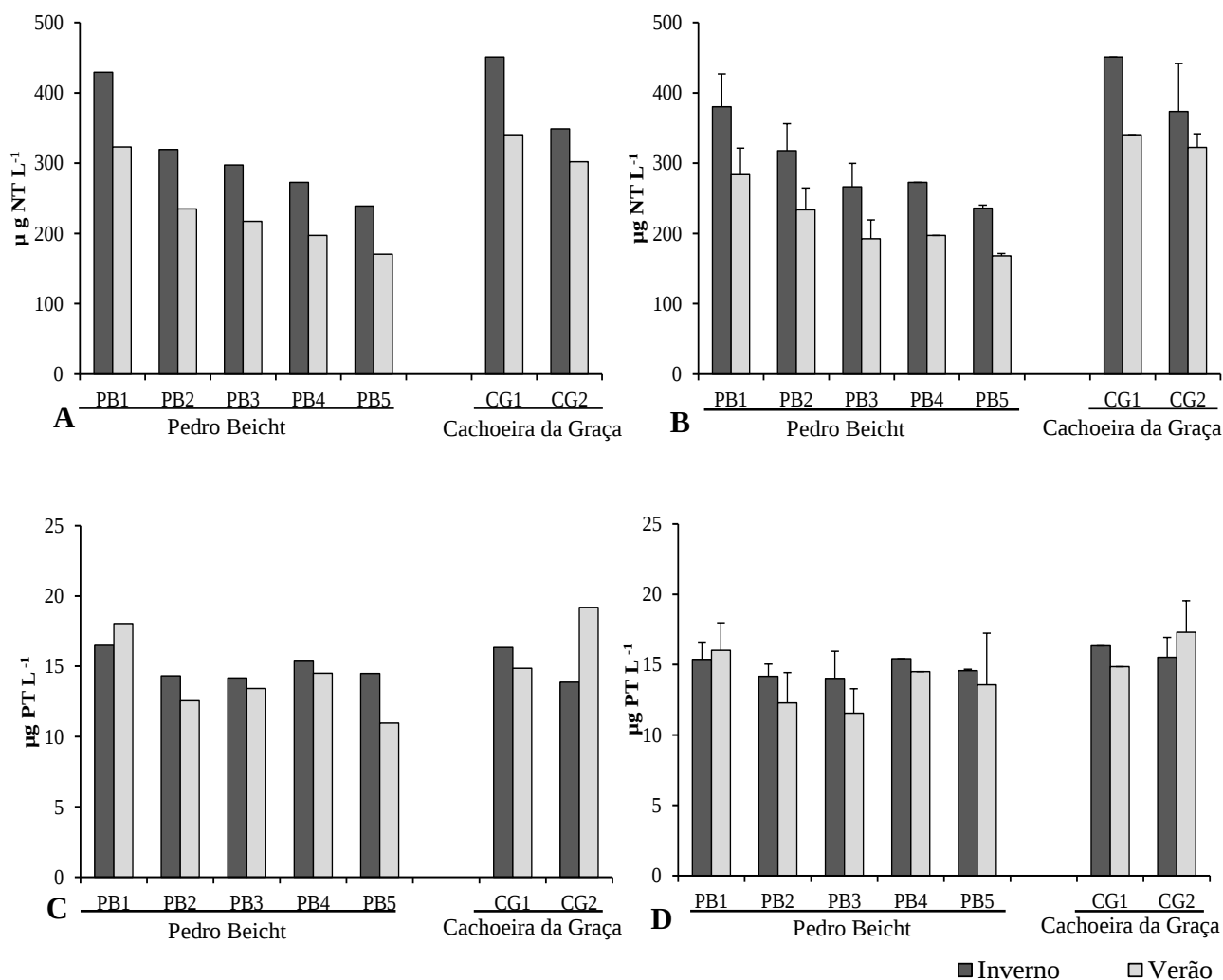


Figura 11. Concentrações de nutrientes (NT e PT) nas represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) durante o inverno e verão. **A:** nitrogênio total na camada superficial da coluna d'água; **B:** nitrogênio total (média e desvio padrão) nos estratos superficiais, intermediário e fundo; **C:** fósforo total na camada superficial da coluna d'água e **D:** fósforo total (média e desvio padrão) nos estratos superficiais, intermediário e fundo.

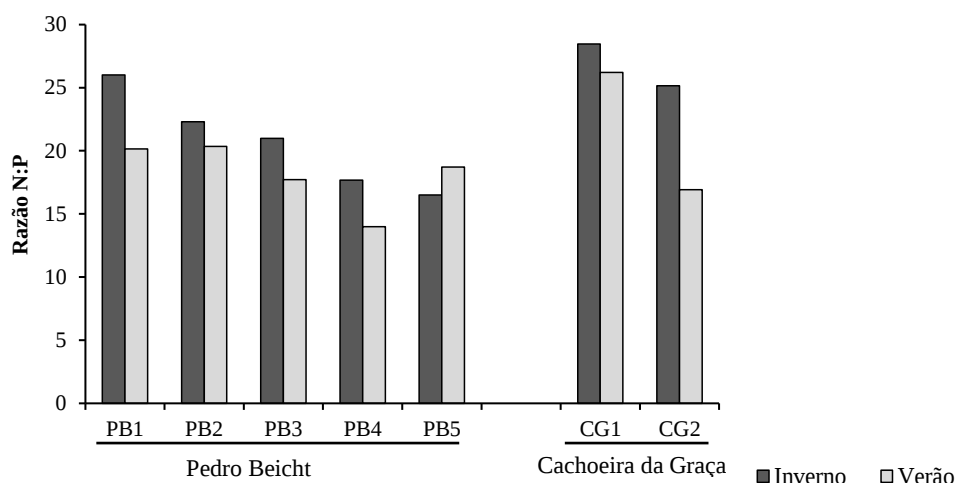


Figura 12. Razão molar NT:PT na camada superficial das represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) nos diferentes períodos climáticos.

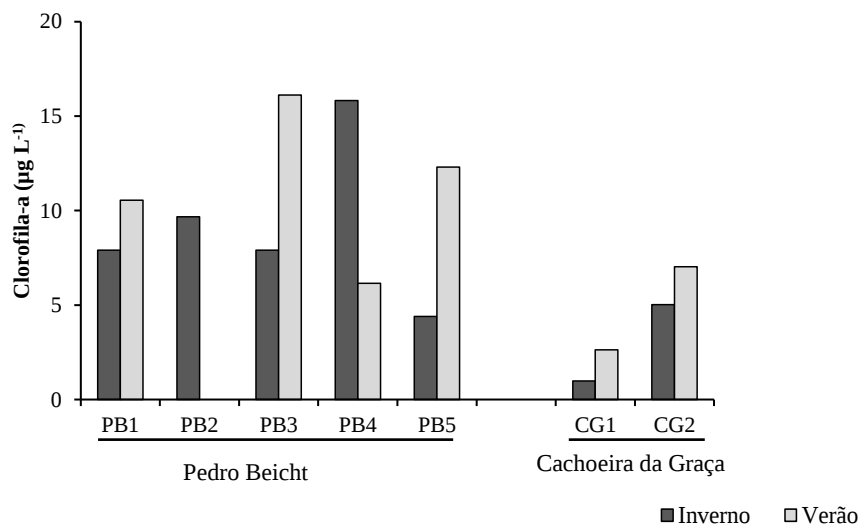


Figura 13. Concentrações de clorofila-a (µg L⁻¹) na camada superficial das represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) em diferentes períodos climáticos.

A avaliação conjunta dos resultados limnológicos abióticos e de biomassa fitoplanctônica foi resumida pela análise de componentes principais (ACP), que apresentou 53% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros componentes (Fig. 14, tabelas 7 e 8).

O eixo 1 ordenou as unidades amostrais relativas às duas represas. Do lado negativo, posicionaram-se as observações da represa Cachoeira da Graça que estiveram associadas aos maiores valores de ortossilicato (SSR), íons bicarbonato (HCO₃), formas nitrogenadas (NO₃ e NT) e fósforo total (PT) ($r \geq 0,6$). Do lado positivo, ordenaram-se quase todas as unidades amostrais da represa Pedro Beicht, associadas aos menores teores das variáveis mencionadas (tabela 7). O eixo 2 ordenou as estações de amostragem em função do período climático. Do lado positivo do eixo,

posicionaram-se as unidades amostrais relativas ao período do verão, associadas, principalmente, aos maiores valores de condutividade (Cond) e nitrogênio amoniacal (NH_4) ($r > 0,7$). Do lado negativo deste eixo posicionaram-se as estações do inverno, associadas positivamente aos maiores valores de oxigênio dissolvido ($r = 0,5$) e as concentrações de nitrogênio total ($r = 0,4$) (tabela 8).

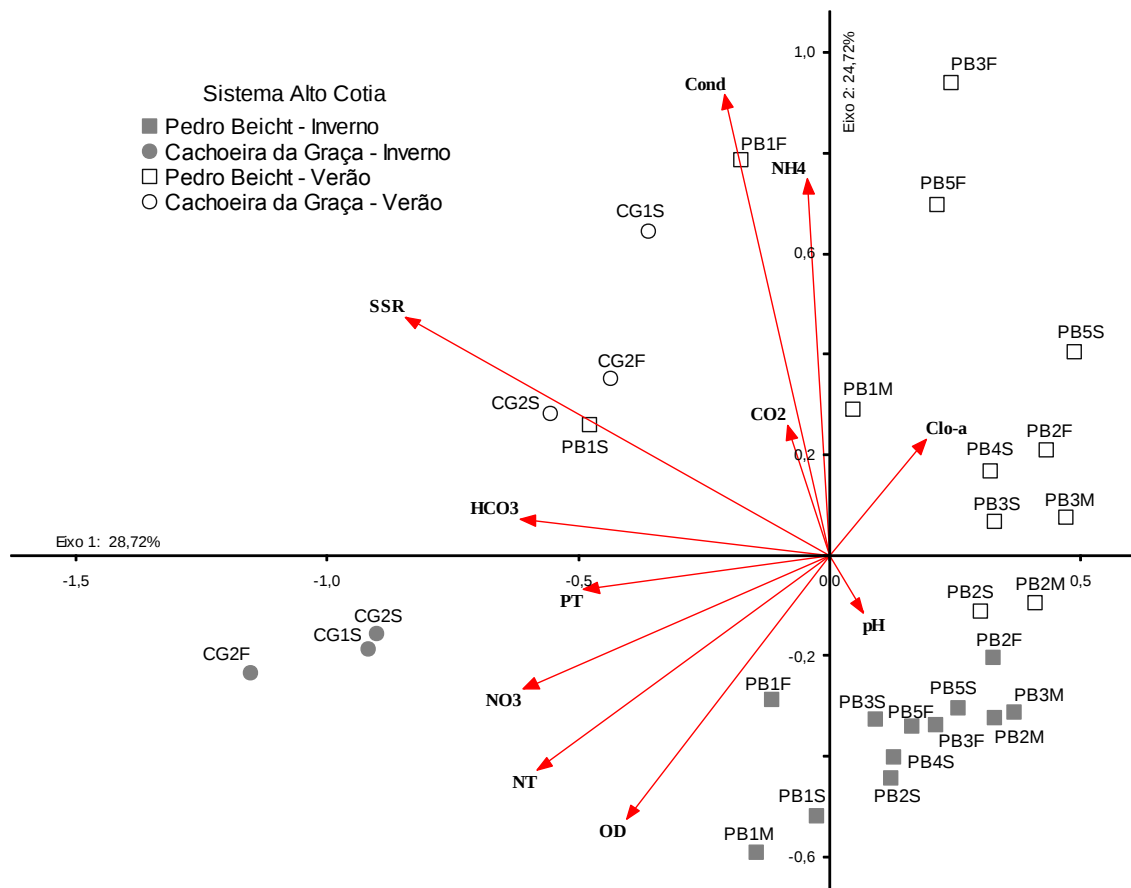


Figura 14. Análise dos componentes principais com base em 11 variáveis limnológicas de sete estações de amostragem nas represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG), em períodos de inverno e verão. S: superfície, M: estrato intermediário, F: fundo. Os números indicam as estações de amostragem.

Tabela 7. Síntese dos resultados dos componentes principais (ACP) realizadas a partir de 11 variáveis limnológicas.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	0,195	0,168
Autovalor da linha de quebra	0,186	0,125
Porcentagem de variância explicada	28,72	24,72
Porcentagem de variância acumulada	28,72	53,44
Resultados da randomização “p”	0,001	0,001

Tabela 8. Correlação de Pearson das variáveis limnológicas com os componentes principais 1 e 2. Em negrito, os valores de maior correlação com os eixos de ordenação.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
pH	0,10	-0,16
Condutividade: Cond	-0,22	0,91
Clorofila-a: Clo-a	0,24	0,26
Fósforo total: PT	-0,59	-0,08
Nitrogênio total: NT	-0,66	-0,45
Amônio: NH ₄	-0,05	0,71
Nitrato: NO ₃	-0,72	-0,29
Ortossilicato: SSR	-0,81	0,42
Oxigênio dissolvido: OD	-0,46	-0,55
CO ₂ livre: CO ₂	-0,13	0,38
Bicarbonato: HCO ₃	-0,78	0,08

5.1.3. Índice do Estado Trófico (IET)

Para calcular o IET ponderado (Lamparelli 2004) foram necessárias algumas adaptações em relação aos valores do desaparecimento do disco do Secchi. Assim, os valores não foram considerados quando a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi foi igual ou muito próxima da profundidade máxima de estações muito rasas (PB4, e durante o verão em CG1 e CG2), ou quando foi observada interferência de material particulado inorgânico em suspensão (PB1, no verão), cujos cálculos elevariam artificialmente o IET. Ainda, foi eliminado o valor de clorofila-a para a estação PB2 no período de verão (sem leitura). Como resultado, as represas que compõem o sistema Alto Cotia foram classificadas como mesotróficas (tabela 9). Apenas a estação PB4 no período de inverno foi classificada como mesoeutrófica (59,5) devido aos valores mais elevados de clorofila-a e fósforo total.

Tabela 9. Índice do Estado Trófico para as variáveis clorofila-*a* (IET clo-*a*), fósforo total (IET PT) e transparência (IET Secchi), índice ponderado final (IET pond) e sua categorização nos períodos de verão, inverno e média anual para as represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graças (CG). *cálculo sem inclusão da transparência; **cálculo sem clorofila-*a*. M: mesotrófico, M-E: mesoeutrófico.

Represa	Estação	IET Clo- <i>a</i>		IET PT		IET Secchi		IET ponderado e classificação		
		inv	ver	inv	ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Anual
Pedro Beicht	PB1	57	58	59	60	53	-----	56 (M)	59* (M)	58 (M)
	PB2	58	-----	58	58	52	56	56 (M)	57** (M)	57 (M)
	PB3	57	60	58	58	52	56	56 (M)	58 (M)	57 (M)
	PB4	60	56	59	59	-----	-----	59,5* (M-E)	57* (M)	58 (M)
	PB5	54	59	58	57	52	56	55 (M)	57 (M)	56 (M)
Cachoeira da Graça	CG1	47	51	59	59	56	-----	54 (M)	55* (M)	54 (M)
	CG2	55	56	58	60	56	-----	56 (M)	58* (M)	57 (M)

5.1.4. Variáveis Físicas e Químicas do Compartimento Sedimento Superficial

Granulometria - Os resultados da análise granulométrica do sedimento superficial das represas do Sistema Produtor Alto Cotia mostram predominância de grãos muito finos, basicamente silte e argila (abaixo de 63 μ m), sendo a maior contribuição das frações referentes ao silte médio e silte fino. Essa fração lamosa foi responsável por mais de 79% da composição do sedimento (Fig. 15), cuja predominância foi similar em todas as estações das represas que compõe o sistema.

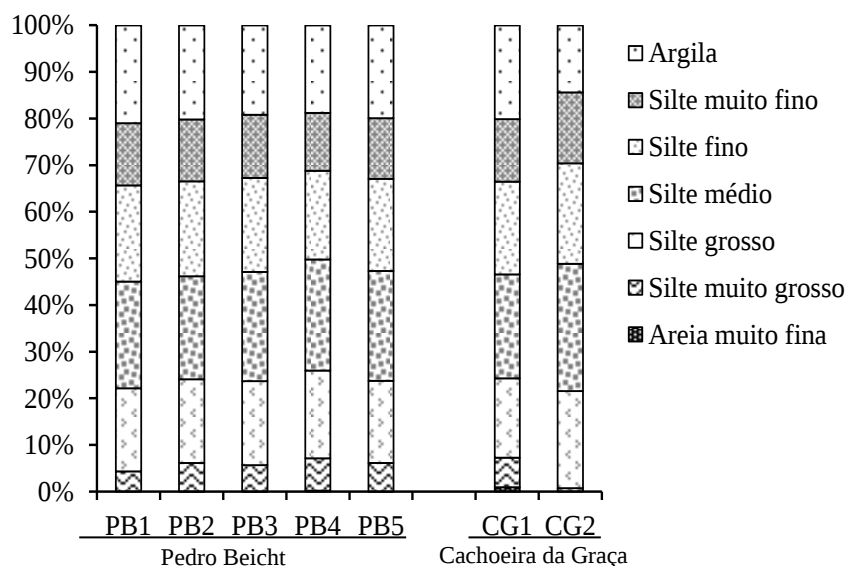


Figura 15. Granulometria dos sedimentos superficiais nas represas do Sistema Alto Cotia. **PB:** Pedro Beicht. **CG:** Cachoeira da Graça.

Geoquímica – As porcentagens de contribuição do carbono orgânico total (Fig. 16a) e nitrogênio total (Fig. 16b) apresentaram tendência de variação similar, ou seja, com valores menores em PB2 e maiores em PB1(NT) e PB1, PB5 (COT). A razão C:N (Fig. 16d) foi, na maioria das estações de amostragem, superior a 10, sendo maior em PB2 e PB3 (> 14). Valor mais baixo foi observado apenas em PB5 (8,7). Em relação ao fósforo geoquímico (Fig. 16c), as porcentagens de contribuição foram muito baixas (< 0,05%). Em termos de concentração, os teores variaram de 104,43 mgP kg⁻¹ (CG2) a 523,87 mgP kg⁻¹ (PB2).

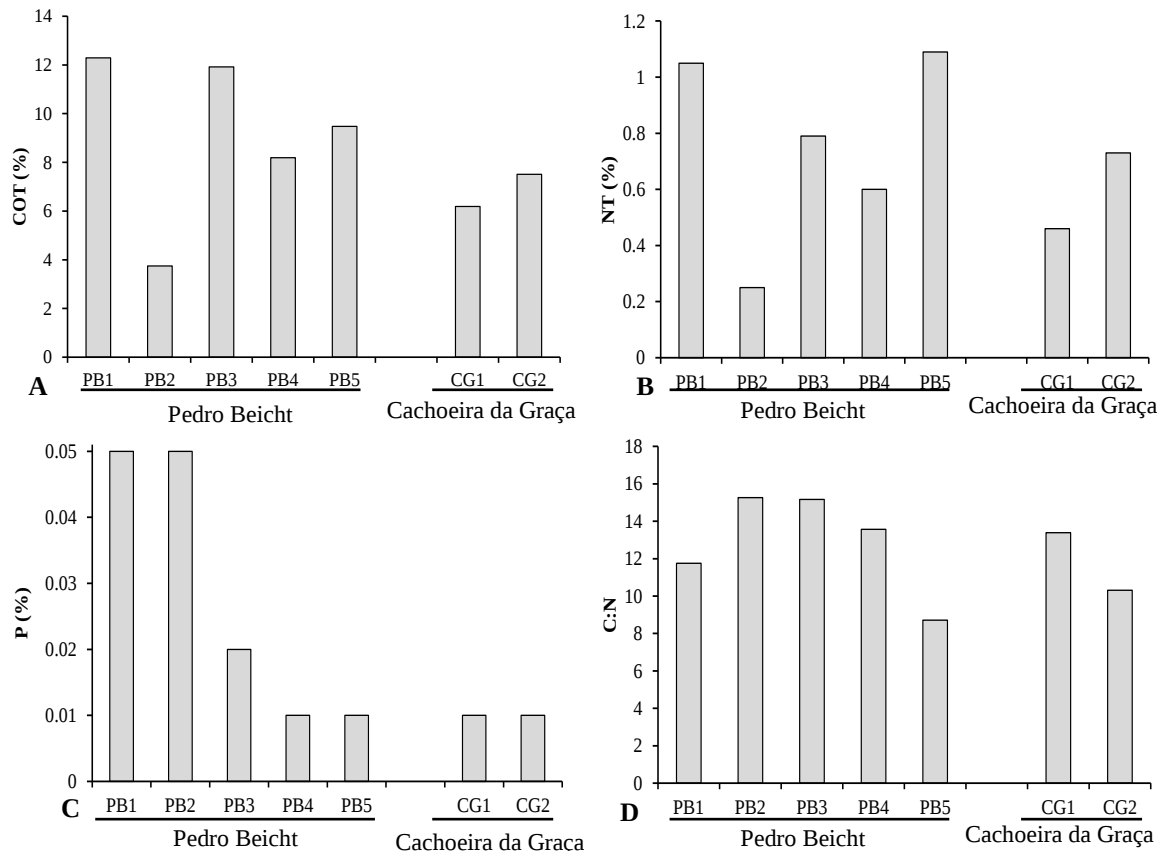


Figura 16. Geoquímica do sedimento superficial para as represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG). **A:** carbono orgânico total; **B:** nitrogênio orgânico total; **C:** fósforo orgânico, **D:** Razão C:N.

5.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas Planctônicas nas represas do Sistema Produtor Alto Cotia

5.2.1. Biodiversidade e Estrutura de Espécies

Nas represas que compõem o Sistema Produtor Alto Cotia foram encontrados 63 táxons distribuídos em 27 gêneros (Fig. 17a). O número de táxons específicos e infraespecíficos foi muito similar nos dois períodos climáticos, variando de 50 (inverno) a 53 (verão). Os dois gêneros mais

especiosos, com destaque para o primeiro, foram *Eunotia* (13 táxons) e *Aulacoseira* (5 táxons). Os oito primeiros gêneros mais especiosos contribuíram com 57% dos táxons encontrados no plâncton. O gênero *Eunotia* esteve representado em maior número na represa Pedro Beicht (10 táxons) do que na represa Cachoeira da Graça (7 táxons), entretanto, a estrutura das represas foi similar quanto ao número de gêneros, 24 em cada represa (Fi. 17b,c). Os gêneros exclusivos da represa Pedro Beicht foram: *Placoneis* (2 táxons), *Planothidium* (1) e *Sellaphora* (1) e na represa Cachoeira da Graça ocorreram os gêneros *Denticula* (1 táxon), *Luticola* (1) e *Nitzschia* (3).

O número de espécies por represa foi similar (Fig. 18), variando de 34 (PB, verão) a 41 (CG, verão). Ao considerarmos as estações de amostragem, a riqueza variou de 17 a 37 (Fig. 19), sendo maior na estação CG1 no período de verão, seguida pela estação PB4 (31 espécies) no período de inverno, e menor em PB1, no período de inverno e PB3 durante o verão.

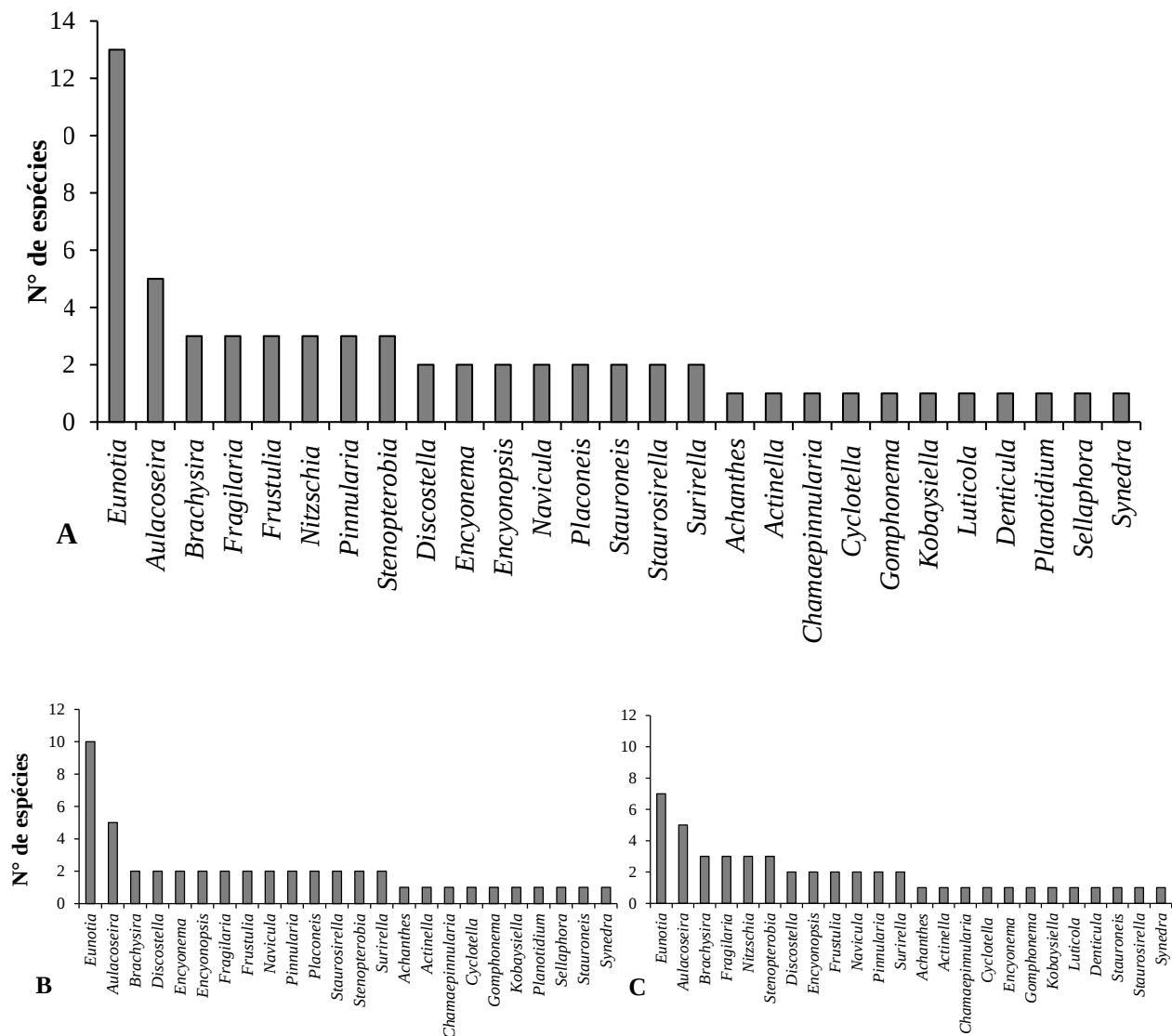


Figura 17. Número de espécies por gêneros de diatomáceas planctônicas. **A:** Sistema Produtor Alto Cotia; **B:** Represa Pedro Beicht e **C:** Represa Cachoeira da Graça.

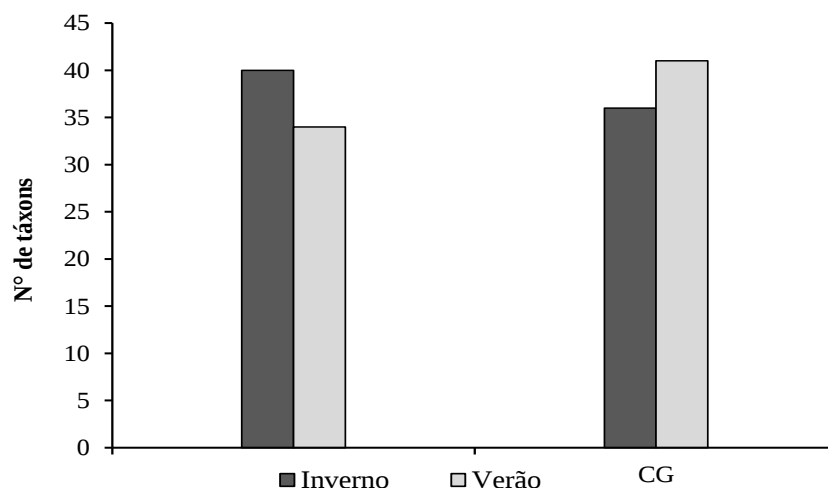


Figura 18. Número de espécies de diatomáceas planctônicas nas represas do Sistema Alto Cotia nos diferentes períodos climáticos. **PB:** Pedro Beicht. **CG:** Cachoeira da Graça.

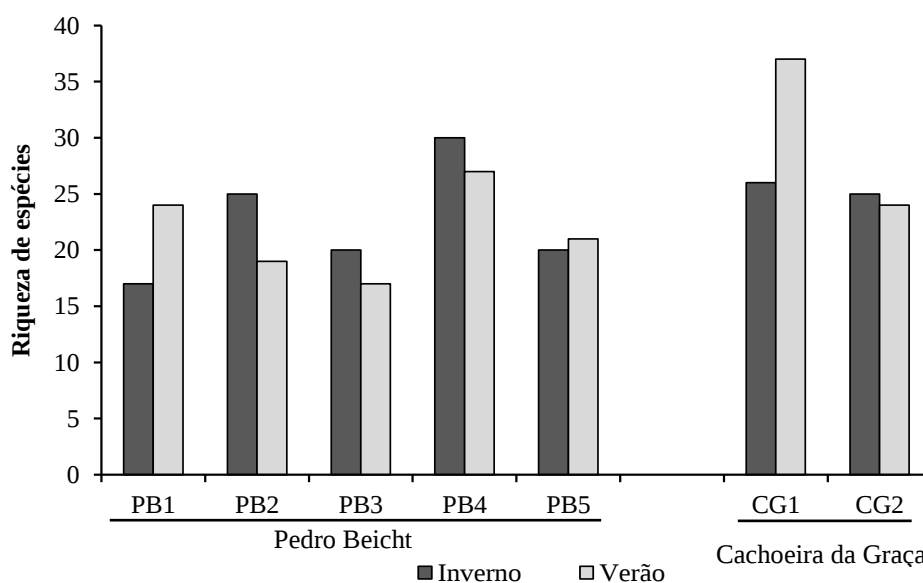


Figura 19. Riqueza de espécies nas estações de amostragem nas represas do sistema Alto Cotia durante o inverno e verão.

Em relação à organização estrutural da comunidade, observa-se pouca variação no índice de Simpson (recíproco), cuja faixa de variação foi de 0,7 a 0,8 considerando ambas as represas (tabela 10). A equitatividade foi baixa em todas as estações de amostragem, indicando que os índices de diversidade observados representaram menos do que 23% (16-23%) de seus valores máximos na represa Pedro Beicht e menos do que 24% (11-24%) de seus valores máximos na represa Cachoeira da Graça, ou seja, havendo baixa homogeneidade na repartição das espécies (tabela 10). Neste

sentido, a estação CG2 (inverno) destaca-se pois foi a única que apresentou espécie dominante, ou seja a espécie apresentou densidade acima de 50% da densidade total da estação.

De acordo com a curva de dominância-diversidade de espécies também se observa muita semelhança na repartição de espécies. Em todas as estações de amostragem o padrão de distribuição foi o logarítmico normal, ou seja, caracterizado pela maior abundância de poucas espécies e presença de muitas espécies raras (Fig. 20). Novamente, nota-se a menor uniformidade na estação CG2 (inverno), evidenciada pela maior inclinação da curva (Fig 20c).

Tabela 10. Distribuição da Riqueza (S), Índice de Simpson (D), Índice recíproco de Simpson (1-D) e Equitatividade (E) nas represas do Sistema Alto Cotia, durante o inverno e verão.

Represa	Estação	Riqueza (R)	Índice de Simpson (D)	Índice recíproco de Simpson (1-D)	Equitatividade (E)
Pedro Beicht (PB)	PB1-Inv	17	0,30	0,70	0,19
	PB2-Inv	25	0,20	0,80	0,20
	PB3-Inv	20	0,31	0,69	0,16
	PB4-Inv	30	0,17	0,83	0,19
	PB5-Inv	20	0,25	0,75	0,20
	PB1-Ver	24	0,24	0,76	0,18
	PB2-Ver	19	0,24	0,76	0,21
	PB3-Ver	17	0,28	0,72	0,21
	PB4-Ver	27	0,21	0,79	0,18
	PB5-Ver	21	0,21	0,79	0,23
Cachoeira da Graça (CG)	CG1-Inv	26	0,16	0,84	0,24
	CG2-Inv	25	0,34	0,66	0,11
	CG1-Ver	37	0,18	0,82	0,15
	CG2-Ver	24	0,19	0,81	0,21

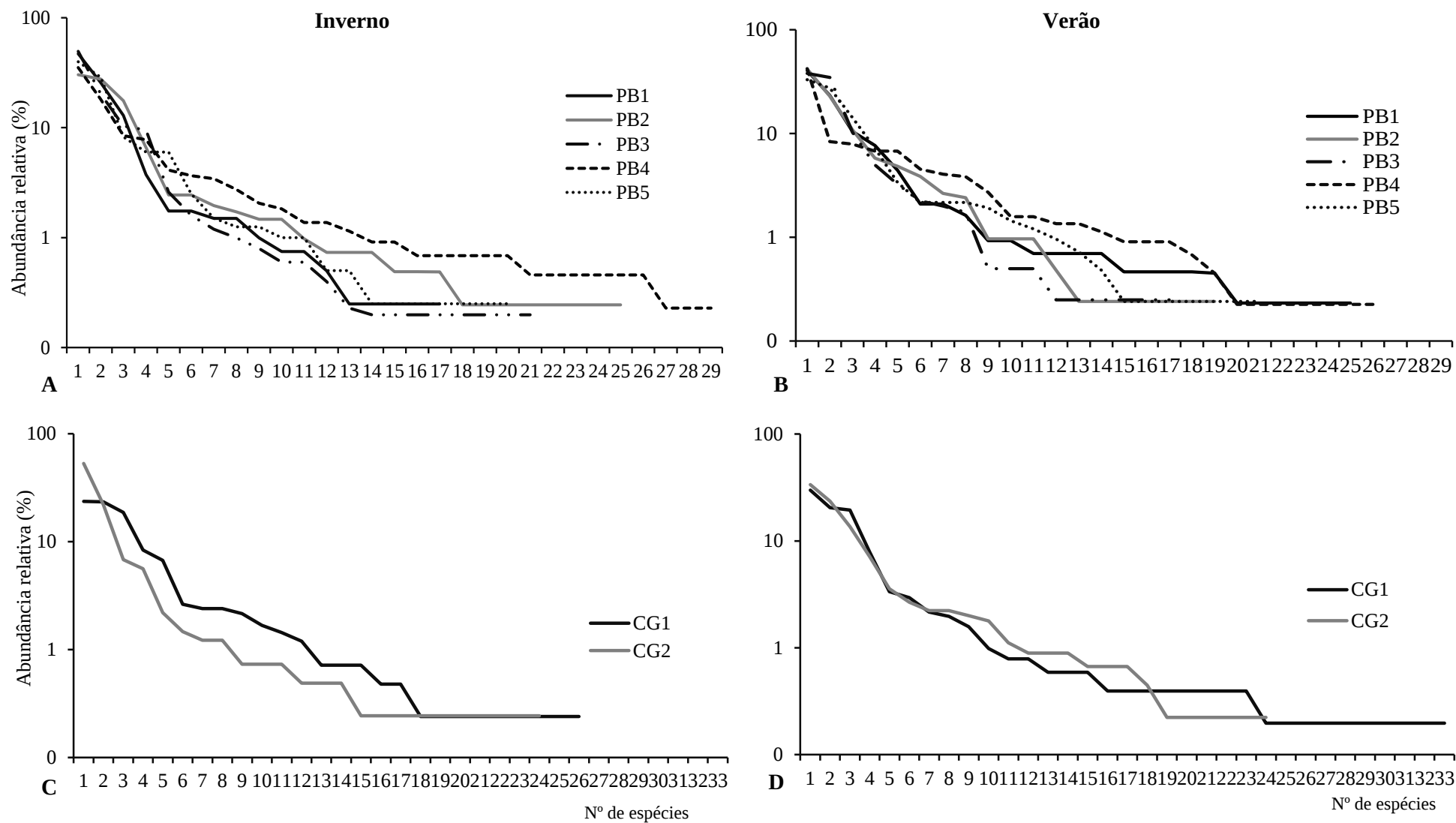


Figura 20. Curva de dominância-diversidade das diatomáceas planctônicas nas represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) em períodos de inverno e verão. Eixo logaritimizado na base 10.

A densidade de diatomáceas (número de valvas por unidade de volume) não apresentou tendência de variação considerando o período climático, mas em geral foi mais baixa na represa Cachoeira da Graça (Fig. 21). Os maiores valores ocorreram nas estações PB1 (inverno) e PB3 (verão) que apresentaram menor riqueza específica (Fig. 19). Dos 63 táxons encontrados, 15 foram considerados como espécies descritoras (abundantes), das quais 11 para Pedro Beicht e 9 para a represa Cachoeira da Graça (tabela 11) e apenas uma espécie, *Aulacoseira ambigua*, foi dominante (> 50% de contribuição). A autoria dessas espécies e suas abreviações constam da tabela 11.

Na represa Pedro Beicht durante o inverno, *Aulacoseira granulata* foi a mais representativa nas estações PB1 (47%), PB2 (30%) e PB4 (35%), enquanto que nas demais estações *A. ambigua* foi mais abundante, contribuindo com 50% (PB3) e 40% (PB5) da comunidade (Fig. 22a). Durante o verão, as espécies mais representadas foram *A. granulata* nas estações PB1 (40%) e PB5 (33%) e *Aulacoseira tenella* nas estações PB2 (42%), PB3 (38%) e PB4 (42%) (Fig. 22b). Na represa Cachoeira da Graça houve dominância de *Aulacoseira ambigua* na estação CG2 (53%) durante o inverno. Na estação CG1, essa mesma espécie foi a mais representativa (24%), contudo não dominante (Fig. 23c). No verão, as espécies mais representativas foram *A. tenella* na estação CG1 (30%) e *A. granulata* na estação CG2 (34%) (Fig. 22d).

Nas represas do Sistema Produtor Alto Cotia as espécies com maior representação na comunidade pertenceram ao gênero *Aulacoseira*, consideradas como espécies descritoras em todas as estações de amostragem. A contribuição do gênero variou de 57 % (PB4 no período do verão) a 91% (PB3, inverno). As contribuições desse gênero foram acima de 80% da densidade total da comunidade nas estações PB1, PB2, PB3 em ambos os períodos de coleta (Fig. 22a,b) e nas estações PB5 e CG2 (inverno) (Fig. 22b,c) e na estação CG1 (verão). (Fig 22d).

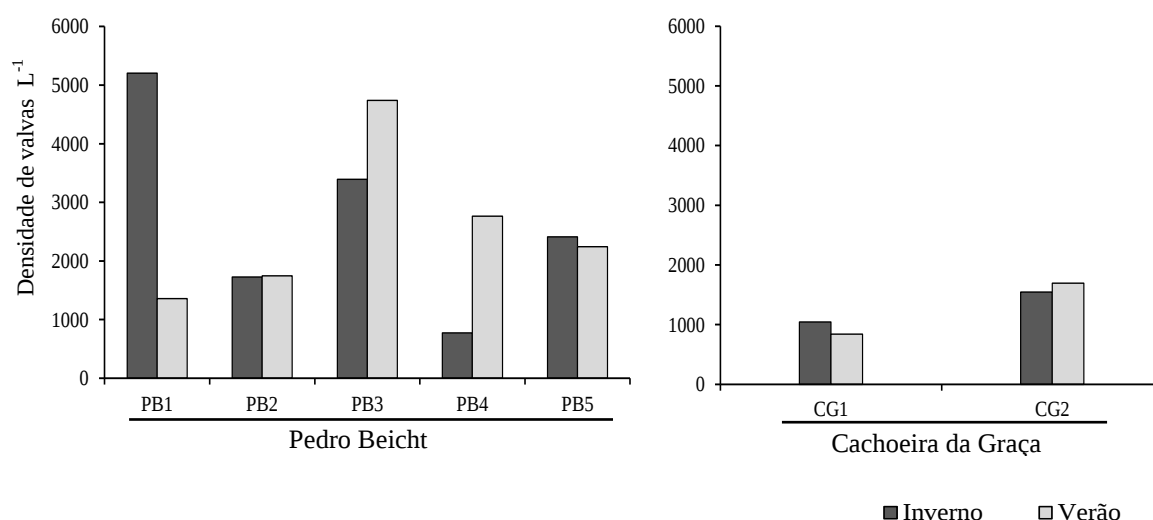


Figura 21. Densidade de diatomáceas (valvas por litro) nas estações de amostragem das represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) em períodos de inverno e verão.

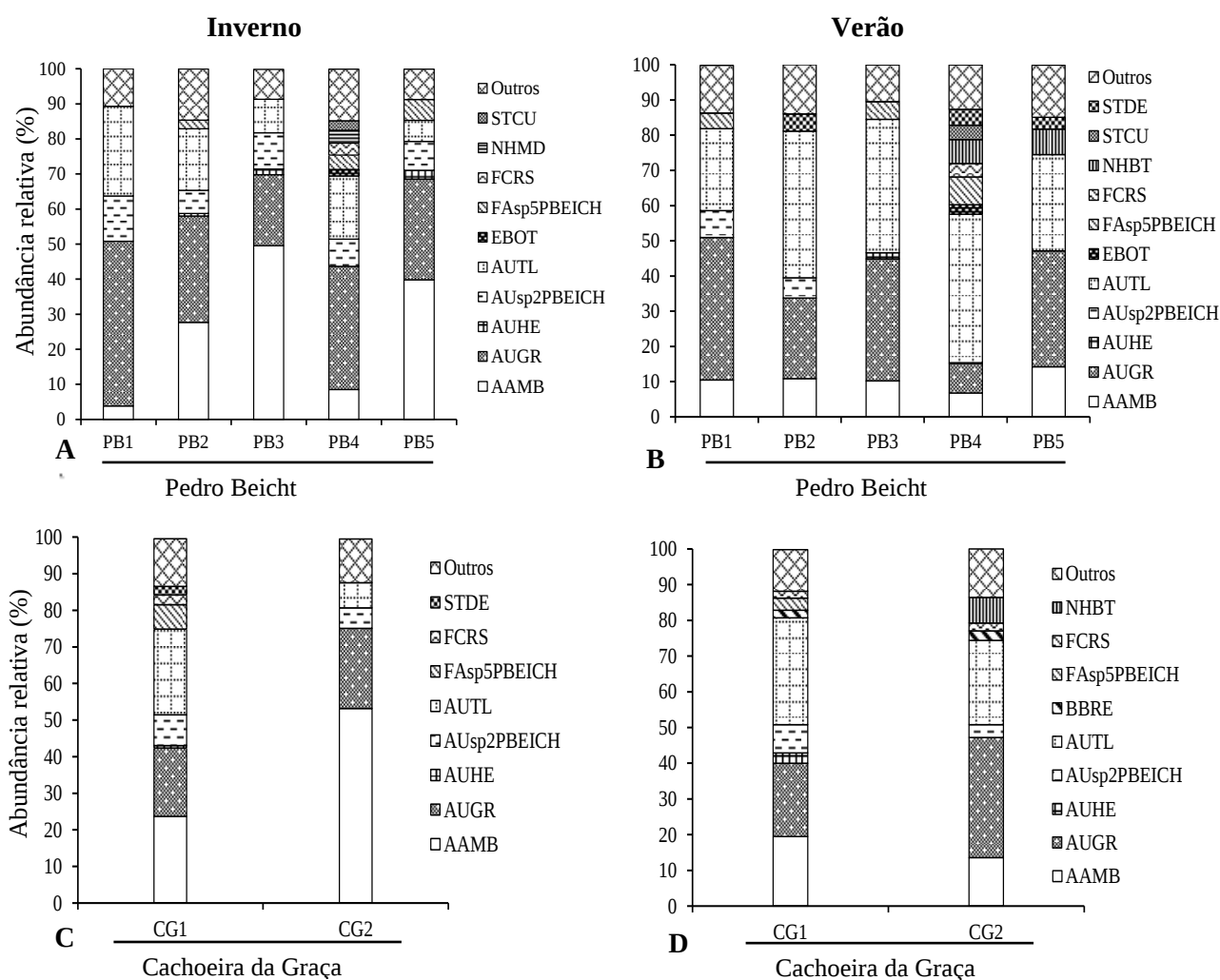


Figura 22. Abundância relativa (%) das diatomáceas planctônicas, com contribuição conjunta acima de 85%, nas represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) em períodos de inverno e verão.

Tabela 11. Relação das diatomáceas dominantes e abundantes ($\geq 2\%$) nas represas do Sistema Alto Cotia com suas autorias e respectivos códigos, segundo programa OMNIDIA e padronização do projeto temático.

Código	Táxon
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen
AUGR	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen
AUHE	<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemm.) Simonsen
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
AUsp2PBEICH	<i>Aulacoseira sp2PBEICH</i>
BBRE	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross
BNEO	<i>Brachysira neoexilis</i> Lange-Bertalot
EBOT	<i>Eunotia botuliformis</i> Wild Norpel & Lange-Bertalot
FAsp5PBEICH	<i>Fragilaria sp5PBEICHT</i>
FCRS	<i>Frustulia crassinervia</i> (Breb.) Lange-Bertalot & Krammer
NHMD	<i>Navicula heimansioides</i> Lange-Bertalot
NHBT	<i>Navicula herbstiae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
STDE	<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brebisson ex Van Heurck
STCU	<i>Stenopterobia curvula</i> (W.Smith) Krammer
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq

5.2.2. Avaliação Conjunta das Diatomáceas Planctônicas

Para avaliação conjunta das espécies de diatomáceas foram consideradas aquelas com contribuição maior ou igual a 2% da abundância total da amostra. Dessa forma, quatro espécies foram acrescentadas (*Brachysira brebissonii*, *B. neoexilis*, *Eunotia botuliformis* e *Surirella roba*), que juntamente com as espécies descritoras contribuíram com mais de 85% da abundância total em cada estação de amostragem.

A avaliação conjunta das espécies foi realizada a partir da análise de coordenadas principais (PCoA), que resumiu 74,21% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros eixos (Fig. 23, tabelas 12 e 13).

O eixo 1 ordenou, em seu lado positivo, a maioria das estações da represa Pedro Beicht que estiveram associadas à maior representação de várias espécies, independentemente da época do ano: *Aulacoseira tenella* (AUTL), *A. granulata* (AUGR), *Brachysira neoexilis* (BNEO), *Fragilaria* sp5PBEICHT (FAsp5PBEICH) e *Eunotia botuliformis* (EBOT) ($r \geq 0,7$). No lado negativo do eixo, posicionaram-se todas as estações da represa Cachoeira da Graça e algumas de Pedro Beich (PB1, PB4, verão), que se associaram inversamente às espécies mencionadas. Do lado positivo do eixo 2, ordenaram-se principalmente duas estações da represa Pedro Beicht no período de inverno (PB3, PB5), bem como uma da Cachoeira da Graça (CG2, inverno), associadas às maiores abundâncias de *Aulacoseira ambigua* (AAMB), *Aulacoseira herzogii* (AUHE) e *Surirella roba* (SRBA) ($r \geq 0,5$). Do lado negativo do eixo 2, ordenou-se, sobretudo, uma estação de Pedro Beicht durante o verão (PB4), associada à maior representação de *Brachysira brebissonii* (BBRE), *Navicula herbstiae* (NHBT), *Stenopterobia delicatissima* (STDE) e *Stenopterobia curvula* (STCU) ($r \geq 0,5$).

Tabela 12. Correlações das espécies com os dois primeiros eixos da Análise de Coordenadas Principais.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2	Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
AAMB	0,107	0,900	FAsp5PBE	0,765	-0,026
AUGR	0,799	0,250	FGRS	0,353	-0,366
AUHE	0,323	0,533	NHBT	0,558	-0,467
AUsp2PBE	0,555	0,336	NHMD	0,360	-0,091
AUTL	0,893	-0,332	STDE	0,573	-0,528
BBRE	0,090	-0,669	STCU	0,189	-0,547
BNEO	0,728	-0,164	SRBA	-0,273	0,492
EBOT	0,764	-0,268			

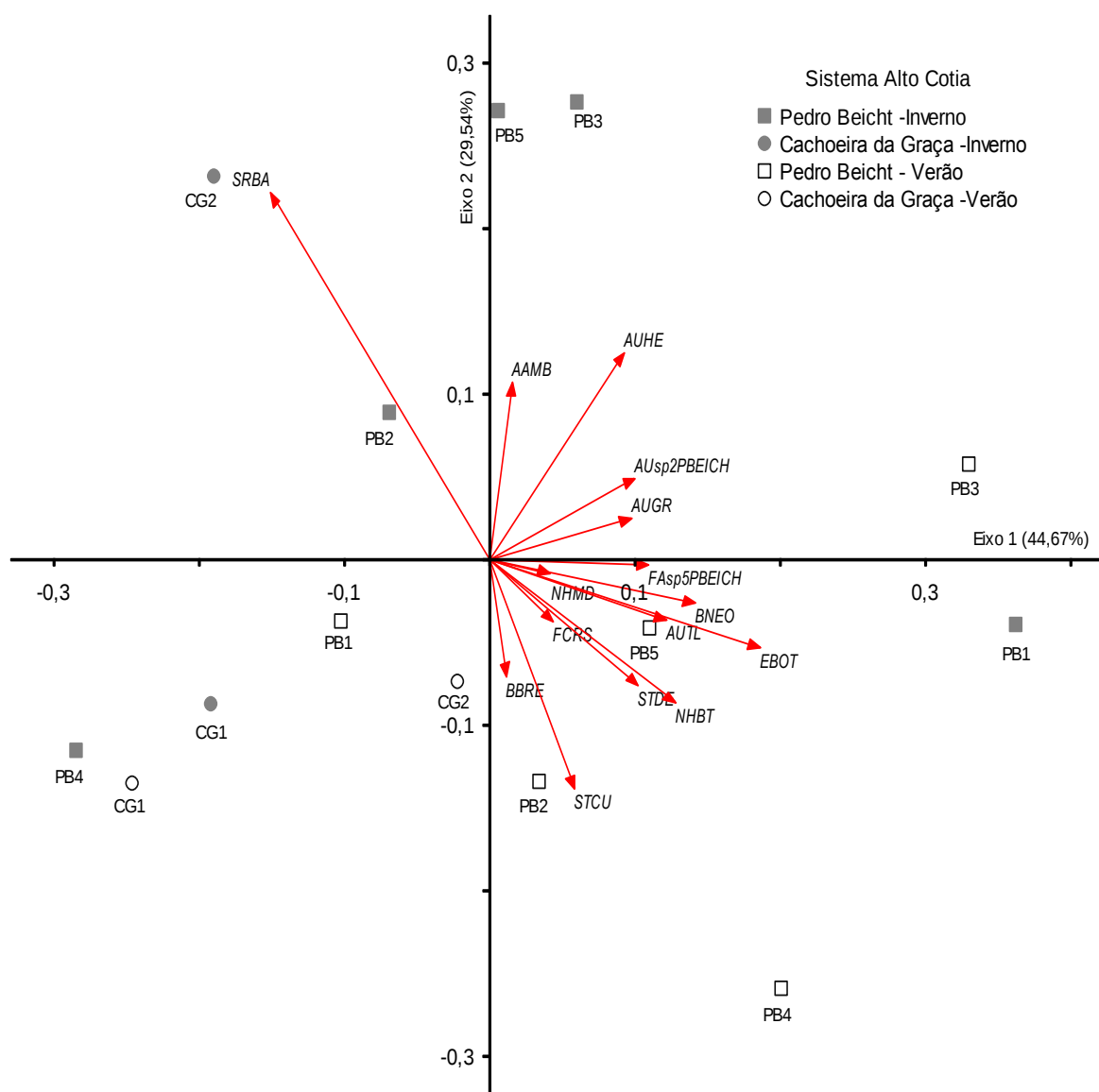


Figura 23. Ordenação pela Análise de Coordenadas Principais (PCoA) das estações de amostragem das represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG) com base em 15 espécies de diatomáceas planctônicas dominante e abundantes (>2%) no período do inverno e verão. Códigos das espécies segundo tabela 10. Números indicam as estações de amostragem.

Tabela 13. Síntese da PCoA realizada a partir de 15 espécies de diatomáceas

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	0,527	0,349
Porcentagem de variância explicada	44,67	29,54
Porcentagem de variância acumulada	44,67	74,21
Randomizações do eixo “p”	0,005	0,019

5.2.3. Avaliação Integrada dos Dados

A avaliação conjunta das espécies abundantes e dos dados limnológicos das represas foi realizada por meio da análise de correspondência canônica (ACC), utilizando 12 espécies que apresentaram as maiores correlações de Pearson ($r > 0,5$) na análise de coordenadas principais e quatro variáveis ambientais: temperatura, profundidade máxima do sistema, condutividade e nitrogênio total.

A análise resumiu 52,7% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros eixos, com autovalores do eixo 1 ($\lambda_1 = 0,141$) e 2 ($\lambda_2 = 0,021$) estatisticamente significativos ($p = 0,01$) pelo teste de randomização de Monte Carlo (Fig. 24, tabelas 14 e 15). A correlação entre espécies e ambiente também foi alta e significativa ($p = 0,01$), indicando forte associação entre as diatomáceas e as variáveis ambientais (tabela 14). As correlações “intra-set” e o coeficiente canônico indicaram que as variáveis ambientais mais importantes na construção do eixo 1 foram temperatura e condutividade e, no eixo 2, nitrogênio total, condutividade e profundidade máxima (tabela 15). A análise gráfica da CCA permitiu visualizar a formação de dois grupos principais distintos pela sazonalidade e pelas características morfométricas das represas. Assim, no lado positivo do eixo 1 ordenaram-se praticamente todas as estações do período do inverno, independente da represa, que se associaram às menores temperaturas, condutividade e maiores profundidades. Essas unidades amostrais foram também as mais profundas das represas e incluíram os pontos de captação de água (PB3 e CG2).

Três espécies de *Aulacoseira* associaram-se a essas unidades amostrais: *A. ambigua* (AAMB), *Aulacoseira* sp2PBEICHT (AUsp2PBEICH) e *A. herzogii* (AUHE). Do lado negativo do eixo 1, ordenaram-se as estações de amostragem no período de verão, associadas aos maiores valores de temperatura, condutividade e menores profundidades relacionadas com a maior diversidade de espécie, com destaque para as espécies *Brachysira brebissonii* (BBRE), *Navicula herbstiae* (NHBT), *Stenopterobia delicatissima* (STDE) e *S. curvula* (STCU). O eixo 2 contribuiu pouco para a explicabilidade dos dados e ordenou em seus extremos duas unidades amostrais no período de inverno (CG1, PB1) e do outro lado apenas uma observação no período de verão (PB3). Nenhuma espécie apresentou forte associação com essas unidades amostrais. As correlações das espécies com os principais eixos estão listadas na tabela 16.

Tabela14. Síntese dos resultados da ACC realizada com as espécies abundantes (>2%) e quatro variáveis abióticas.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor (λ)	0,141	0,021
Explicabilidade (%)	45,7	6,7
Explicabilidade acumulada (%)	45,7	52,4
Correlações de Pearson (espécie-ambiente)	0,940	0,771
Teste de Monte Carlo	Autovalores	0,01
	Correlação espécie-ambiente	0,01

Tabela 15. Coeficientes canônicos e correlações “intra-set” das variáveis abióticas com os principais eixos da ACC.

	Coeficiente canônico		Coeficiente de correlação “intra-set”	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura	-1,805	0,879	-0,884	-0,442
Condutividade	0,738	-0,949	-0,500	-0,548
Nitrogênio total	-0,475	1,033	0,322	0,820
Profundidade	0,009	-0,070	0,429	-0,459

Tabela 16. Correlações das espécies com os eixos 1 e 2 na ACC do sistema Alto Cotia.

Espécies	Eixo 1	Eixo 2	Espécies	Eixo 1	Eixo 2
AAMB	0,685	-0,276	BNEO	-0,088	0,278
AUGR	0,227	-0,136	EBOT	-0,338	-0,277
AUHE	0,318	-0,479	FAsp5PBEICH	-0,232	-0,192
AUsp2PBEICH	0,388	0,281	NHBT	-0,678	-0,316
AUTL	-0,446	-0,180	STDE	-0,689	0,115
BBRE	-0,741	0,096	STCU	-0,582	0,116

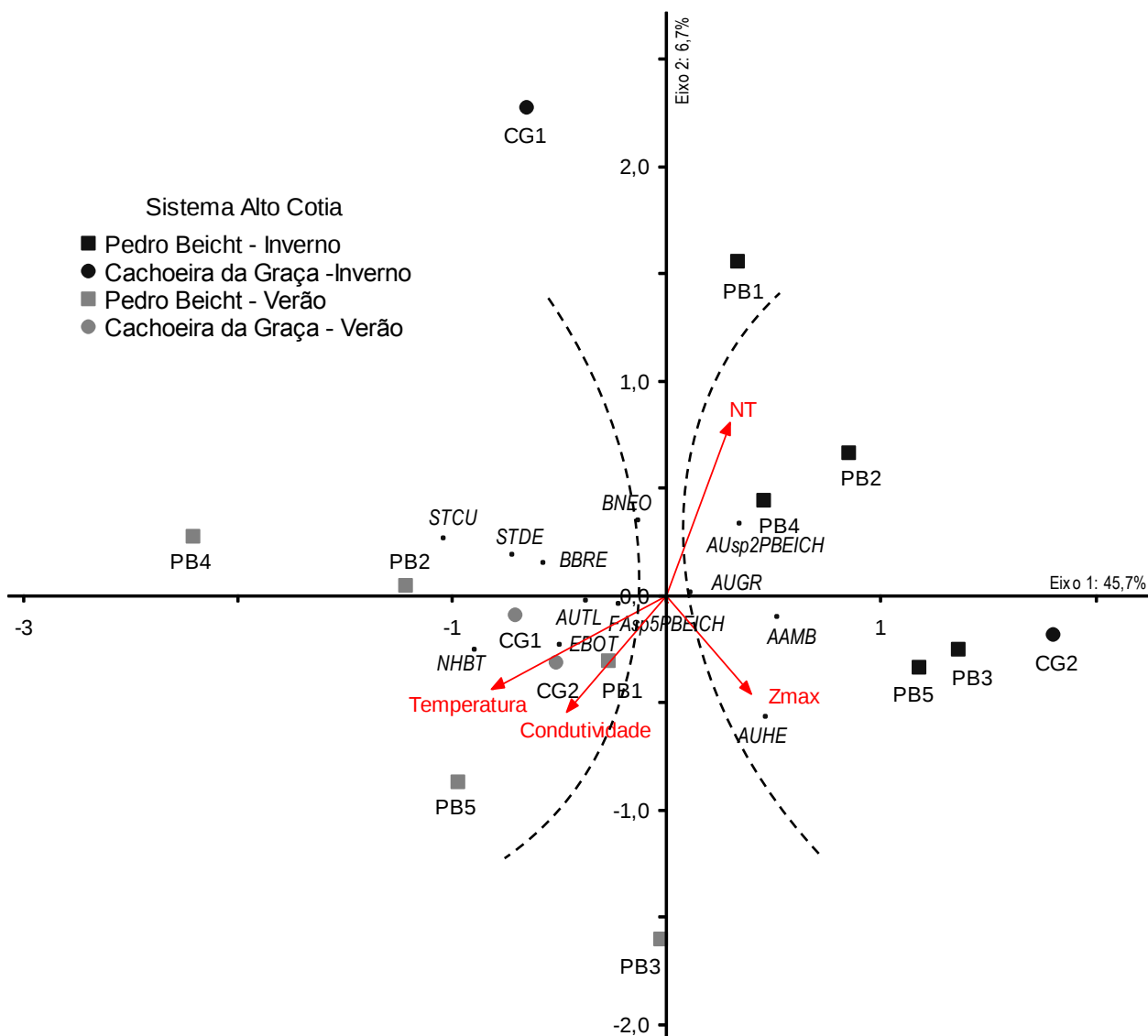


Figura 24. Ordenação pela ACC das unidades amostrais das represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG), em períodos de inverno e verão com base nas espécies de diatomáceas planctônicas e em quatro variáveis abióticas: nitrogênio total (NT), profundidade (ZMAX), condutividade (COND) e temperatura (TEMP). Código das espécies conforme tabela 11.

5.3. Diversidade e Distribuição das Diatomáceas nos Sedimentos Superficiais das represas do Sistema Alto Cotia

5.3.1. Composição e diversidade de espécies de diatomáceas

Foram encontrados 98 táxons específicos e intraespecíficos no sedimento superficial das represas do Sistema Produtor Alto Cotia. Os mesmos distribuíram-se em 33 gêneros (Fig. 25), sendo os mais especiosos *Eunotia* (18 táxons), *Pinnularia* (11 táxons), *Aulacoseira* (8 táxons) e

Gomphonema (5 táxons). Estes gêneros representaram 42,9% da riqueza específica do sistema. Na represa Pedro Beicht foram encontrados 25 gêneros, sendo *Actinella* (1 táxon) exclusivo desta represa (Fig. 26a). Sete gêneros foram exclusivos da represa Cachoeira da Graça: *Caloneis*, *Cocconeis*, *Cyclotella*, *Diploneis*, *Nitzschia*, *Orthoseira* e *Planothidium* (Fig. 26b). Para o Sistema, doze gêneros ocorreram com um único táxon e contribuíram com 12,24% da riqueza específica do sistema.

Considerando separadamente as represas, o número de táxons específicos foi muito similar, sendo levemente mais elevado em Pedro Beicht (78 táxons) (Fig. 27). Em relação às estações de amostragem, os maiores valores de riqueza foram encontrados na represa Cachoeira da Graça (62-65), e o menor em Pedro Beicht na estação PB2 (39) (Fig. 28).

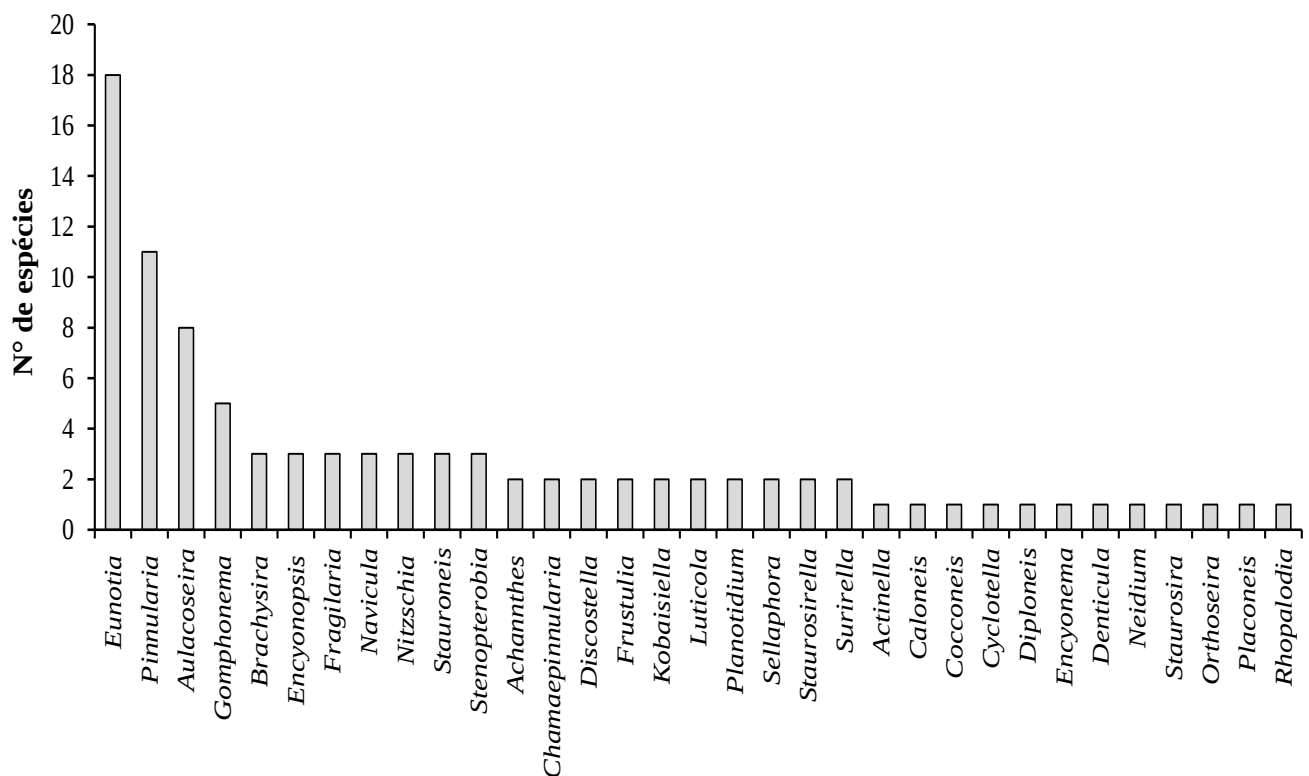


Figura 25. Distribuição dos gêneros encontrados no sedimento superficial das represas do Sistema Alto Cotia.

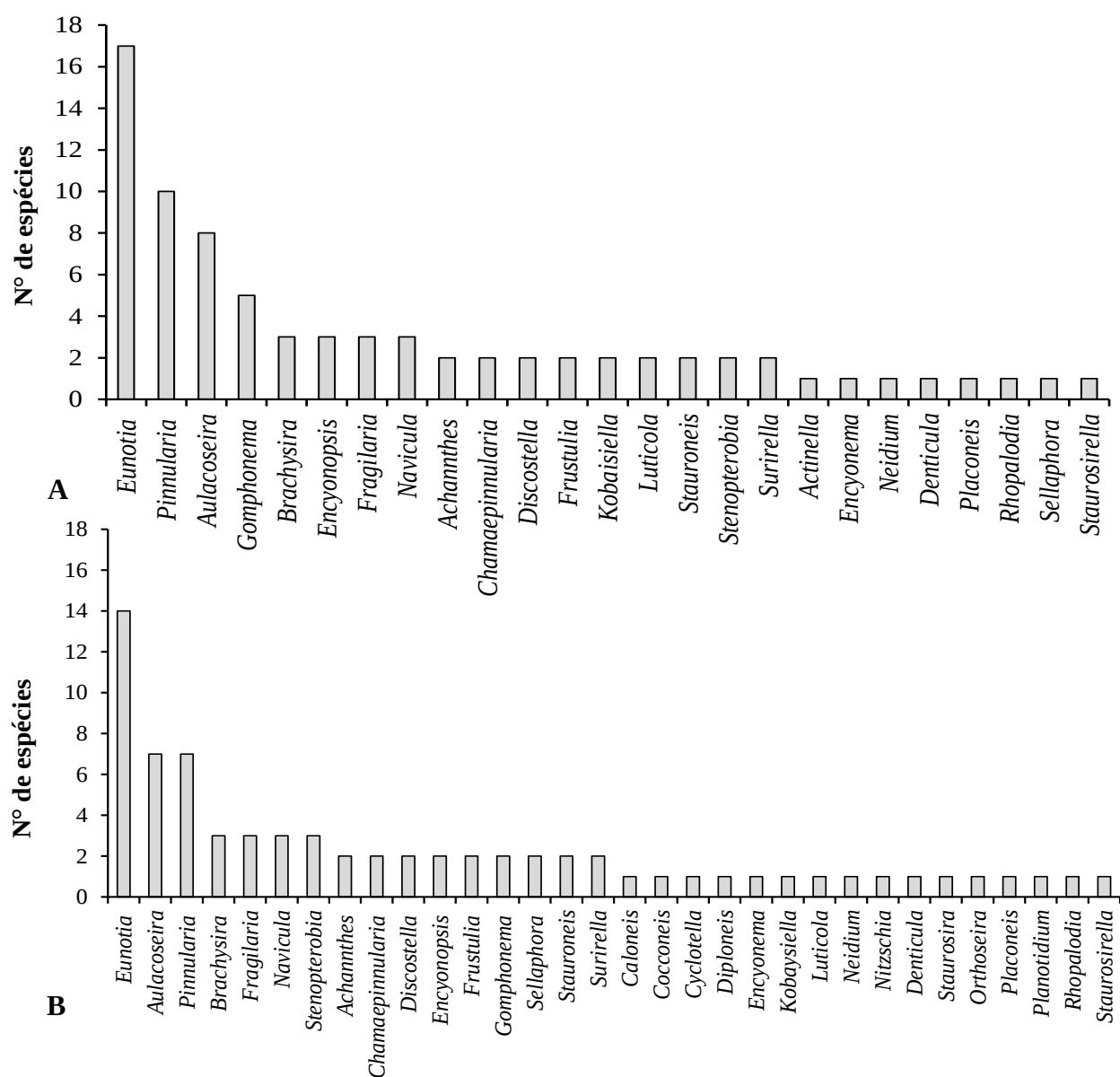


Figura 26. Distribuição dos gêneros de diatomáceas no sedimento superficial das represas do Sistema Alto Cotia. **A:** Pedro Beicht e **B:** Cachoeira da Graça.

A densidade de valvas por unidade de massa seca do sedimento variou 2,7 vezes, sendo bem menor em PB2 (292 valvas gMS^{-1}) e maior em CG2 (811 valvas gMS^{-1}) (Fig. 29).

Em relação ao índice recíproco de Simpson (tabela 17), os valores foram elevados em todas as estações de amostragem independentemente das represas ($>0,9$). Os valores máximos de equitatividade foram encontradas nas estações mais profundas da represa Pedro Beicht (PB3 e PB5), indicando que o índice de diversidade observado atingiu 39% de seu valor máximo nestas estações. A menor equitatividade ocorreu na represa Cachoeira da Graça, denotando menor repartição dos táxons em relação à represa Pedro Beicht (tabela 17). De acordo com a curva de

dominância-diversidade (Fig. 30), a distribuição da abundância específica seguiu o modelo da série logarítmica em todas as estações de amostragem, ou seja, caracterizado por poucas espécies com grande abundância e muitas espécies com abundância intermediária a baixa (Fig. 30a,b). Pode-se notar, novamente, a maior inclinação da curva na represa Cachoeira da Graça, indicando a menor repartição das espécies (Fig. 30b).

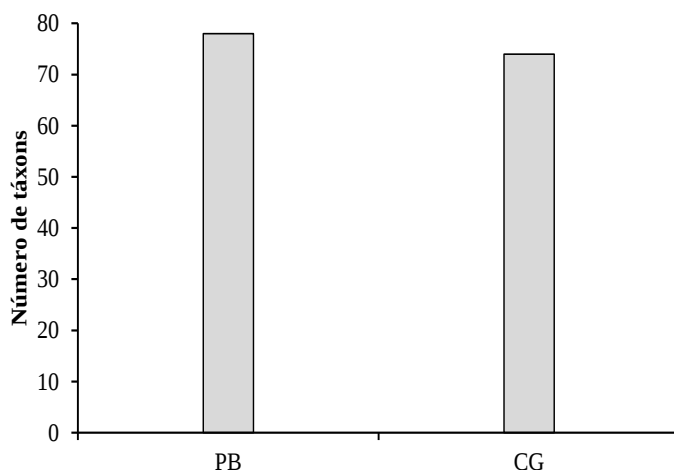


Figura 27. Número de táxons específicos e infraespecíficos de diatomáceas encontrados no sedimento superficial das represas do Sistema Alto Cotia. **PB:** Pedro Beicht e **CG:** Cachoeira da Graça.

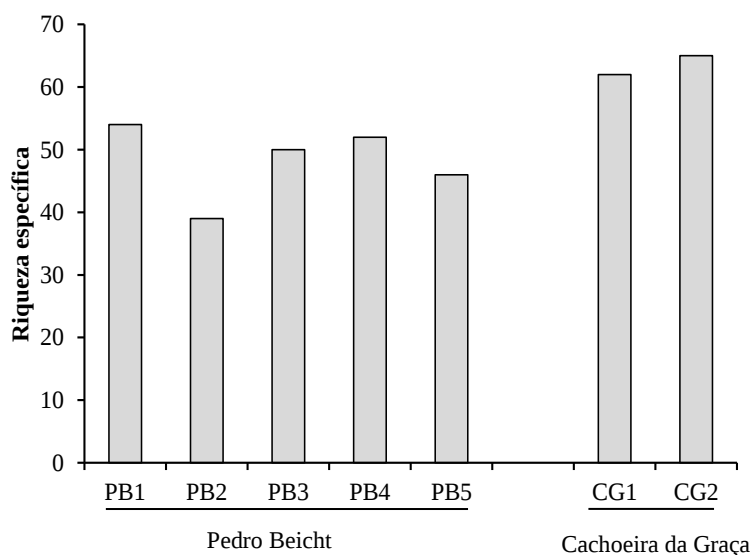


Figura 28. Riqueza específica das diatomáceas no sedimento superficial das represas no sistema Alto Cotia. **PB:** Pedro Beicht e **CG:** Cachoeira da Graça.

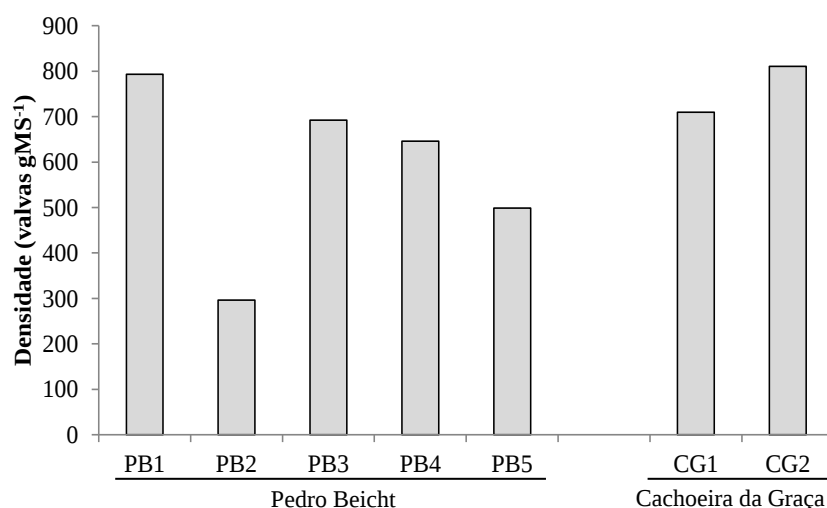


Figura 29. Densidade de diatomáceas (valvas por g massa seca) no sedimento superficial das represas Pedro Beicht (PB) e Cachoeira da Graça (CG).

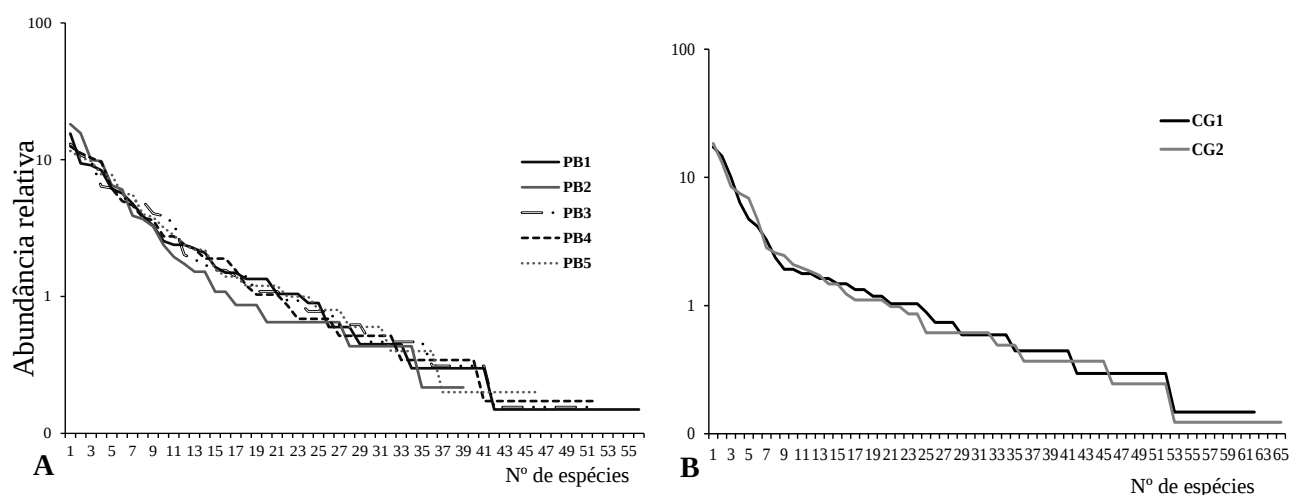


Figura 30. Curva de dominância-diversidade das diatomáceas presentes no sedimento superficial das represas do Sistema Alto Cotia. **A:** Pedro Beicht (PB) e **B:** Cachoeira da Graça (CG).

Tabela 17. Riqueza, índice de Simpson (D), Índice recíproco (1-D), Equitatividade (E) das diatomáceas do sedimento superficial das represas do Sistema Alto Cotia.

Represa	Estação	Riqueza (R)	Índice de Simpson (D)	Índice recíproco de Simpson (1-D)	Equitatividade (E)
Pedro Beicht (PB)	PB1	54	0,06	0,94	0,31
	PB2	39	0,09	0,91	0,29
	PB3	50	0,05	0,95	0,39
	PB4	52	0,05	0,95	0,36
	PB5	46	0,05	0,94	0,39
Cachoeira da Graça (CG)	CG1	62	0,06	0,94	0,25
	CG2	65	0,05	0,94	0,28

Considerando a escala mais fina, em nível específico (Fig. 31), não foi observada espécie dominante. Ainda, dentre as espécies abundantes, *Aulacoseira tenella* (AUTL) foi a espécie mais bem representada, contribuindo com até 18% da abundância total dos táxons em todas as estações de amostragem. Na represa Pedro Beicht as maiores contribuições foram deste táxon nas estações PB1, PB2 e PB5; nas demais estações as maiores abundâncias foram de *Brachysira brebissonii* e *Navicula herbistiae* (BBRE, 9% e NHBT, 9%) na estação PB3; e de *Eunotia muscicola* var. *tridentula* (EMUT, 10%) na estação mais diversificada (PB4). Nas estações da represa Cachoeira da Graça (CG1 e CG2), as espécies com maior contribuição foram *Aulacoseira tenella* (AUTL, 16% e 15%), seguida de *Navicula herbistiae* (NHBT, 10% e 8%) e de *Aulacoseira granulata* (AUGR, 10% e 8%). As espécies abundantes (22 táxons) e seus respectivos códigos estão listados na tabela 18.

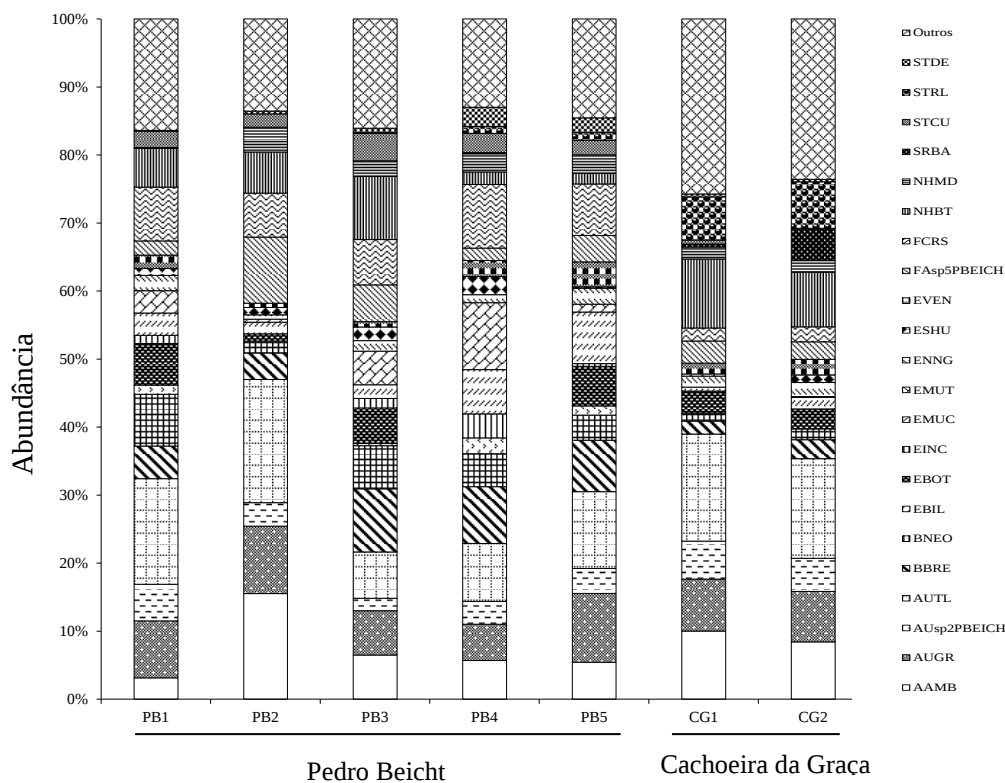


Figura 31. Abundância relativa das espécies de diatomáceas abundantes, com contribuição conjunta $\geq 74\%$, presentes no sedimento superficial das represas do Sistema Alto Cotia. **PB:** Pedro Beicht e **CG:** Cachoeira da Graça.

Tabela 18. Código das espécies de diatomáceas abundantes no sedimento superficial das represas do Sistema Alto Cotia.

CÓDIGO	TÁXON
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen
AUGR	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
AUsp2PBEICH	<i>Aulacoseira</i> sp2PBEICH
BBRE	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross in Hartley
BNEO	<i>Brachysira neoexilis</i> Lange-Bertalot
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Souza
EBOT	<i>Eunotia botuliformis</i> Wild Norpel & Lange-Bertalot
EINC	<i>Eunotia incisa</i> Gregory
EMUC	<i>Eunotia mucophila</i> (Lange-Bert & Schempp) Lange-Bertalot
EMUT	<i>Eunotia muscicola</i> Krasske var. <i>tridentula</i> Norpel & Lange-Bertalot
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer
ESHU	<i>Encyonopsis schubartii</i> (Hustedt) Krammer
EVEN	<i>Eunotia veneris</i> (Kützing) De Toni
FAsp5PBEICH	<i>Fragilaria</i> sp5PBEICHT
FCRS	<i>Frustulia crassinervia</i> (Breb.) Lange-Bertalot & Krammer
NHBT	<i>Navicula herbstiae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
NHMD	<i>Navicula heimansioides</i> Lange-Bertalot
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq
STDE	<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brebisson ex Van Heurck
STCU	<i>Stenopterobia curvula</i> (W.Smith) Krammer
STRL	<i>Staurosirella</i> sp1CGRACA

5.3.2. Avaliação conjunta das espécies de diatomáceas no sedimento superficial

Com base nas abundâncias relativas dos táxons considerados abundantes (22) avaliou-se o índice de similaridade de Bray-Curtis entre as estações de amostragem (Fig. 34). Nota-se a grande similaridade entre as estações de amostragens da Cachoeira da Graça (~100%), principalmente pela maior representatividade (especialmente em CG1 e CG2) de *Surirella roba* (SRBA) e *Staurosirella* sp.1CGRACA (STRL). As estações PB1, PB3, PB4 e PB5 apresentaram similaridade de aproximadamente 68% devido à contribuição de várias espécies. A estação PB2 foi a mais dissimilar dentro da Represa Pedro Beicht e aproximando-se mais das estações da Cachoeira da Graça com apenas 35% de similaridade, pela presença mais destacada principalmente de três táxons (*Aulacoseira ambigua* - AAMB, *Fragilaria* sp5PBEICHT - FAsp5PBEICH e *Navicula herbstiae* - NHMB).

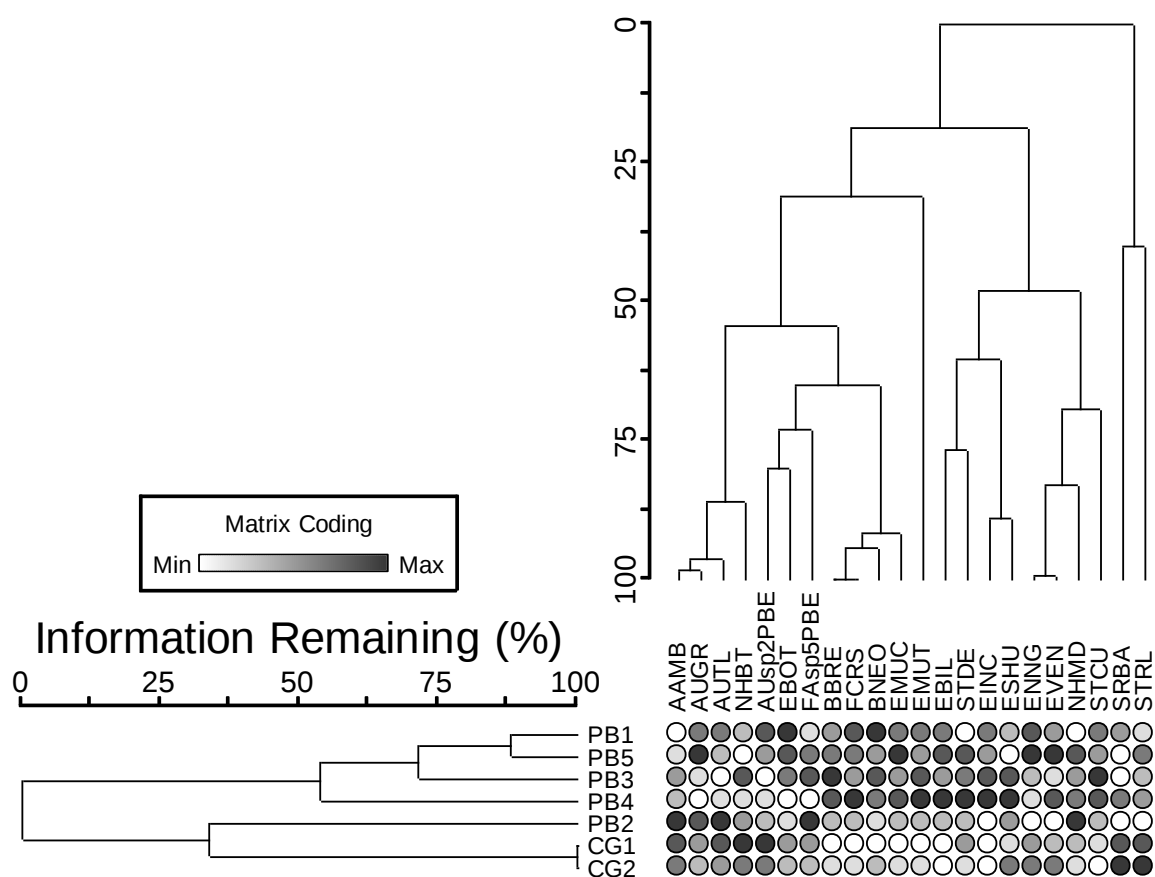


Figura 32. Análise de similaridade de Bray-Curtis com base em 22 espécies de diatomáceas abundantes nos sedimentos superficiais das represas do Sistema Alto Cotia. **PB:** Pedro Beicht e **CG:** Cachoeira da Graça. Abreviação dos táxons consta da tabela 18.

A análise de coordenadas principais, realizada com as 22 espécies abundantes, resumiu 81% da variabilidade conjunta dos dados em seus dois primeiros eixos (Fig. 33, tabelas 19 e 20).

Do lado positivo do eixo 1, ordenaram-se as todas as estações de amostragem da represa Pedro Beicht, exceto PB2. Tais unidades amostrais associaram-se à maior diversidade de táxons e especialmente de táxons reportados como bentônicos ($r \geq 0,6$), tais como *Eunotia bilunaris* (EBIL), *E. mucophila* (EMUC), *E. muscicola* var. *tridentula* (EMUT), *E. incisa* (EINC), *Frustulia crassinervia* (FCRS), *Brachysira brebissonii* (BBRE), *Stenopterobia delicatissima* (STDE) e *Staurosirella* sp1CGRACA. Do lado negativo desse eixo, ordenou-se uma única estação de amostragem de Pedro Beicht (PB2), bem como as estações de amostragens da represa Cachoeira da Graça que apresentaram maior representatividade de duas espécies ($r \geq 0,6$): *Aulacoseira ambigua* (AAMB) e *Fragilaria* sp5PBEICHT (FASp5PBEICHT).

Do lado positivo do eixo 2, ordenou-se, principalmente, a estação PB2, associada à maior representação de *Navicula heimansioides* (NHMD, $r \geq 0,4$). No lado negativo desse eixo, posicionaram-se as unidades amostrais de Cachoeira da Graça, bem como a estação PB1, as quais se associaram com táxons planctônicos do gênero *Aulacoseira* ($r \geq 0,8$): *A. granulata* (AUGR), *A. sp2PBEICH* (AUsp2PBEICH) e *A. tenella* (AUTL). Além destas espécies, outras bentônicas ($r > 0,7$) estiveram associadas, tais como *Brachysira neoexilis* (BNEO), *Eunotia botuliformis* (EBOT), *Encyonema neogracile* (ENNG), *Navicula herbstiae* (NHBT) especialmente à estação PB1.

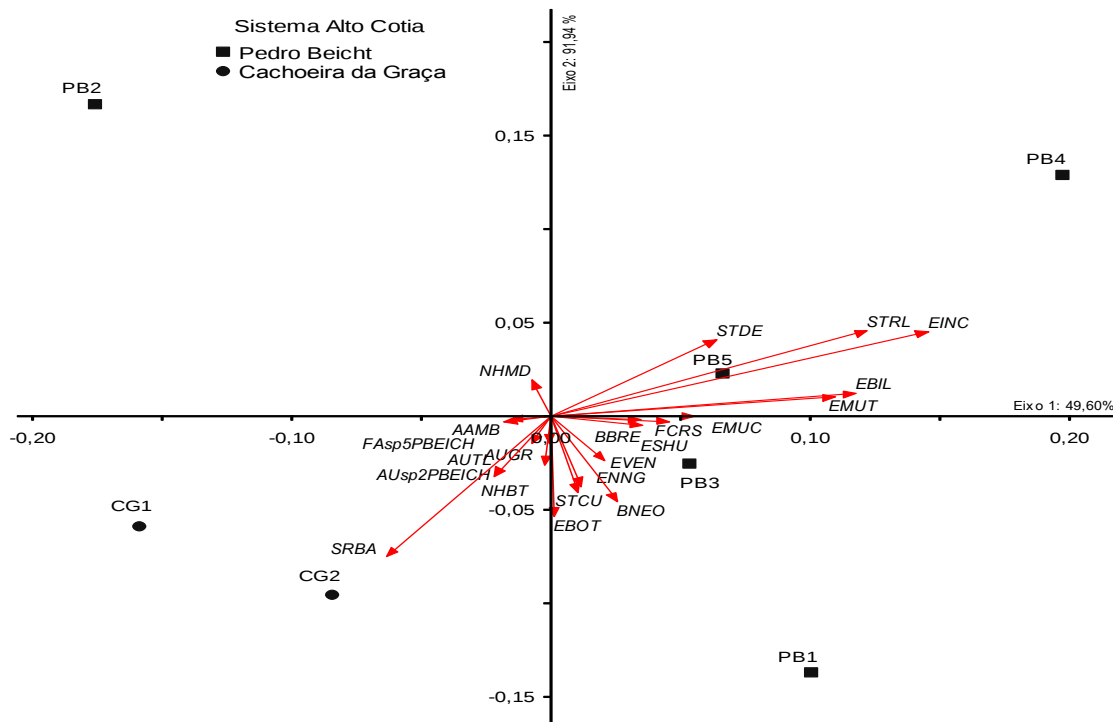


Figura 33. Análise de coordenadas principais (PCoA) das espécies abundantes de diatomáceas presentes nos sedimentos superficiais das represas do Sistema Alto Cotia. **PB:** Pedro Beicht e **CG:** Cachoeira da Graça. Códigos das espécies constam da tabela 18.

Tabela 19. Síntese da PCoA realizada a partir de 22 espécies de diatomáceas

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	0,119	0,768
Porcentagem de variância explicada	49,60	31,94
Porcentagem de variância acumulada	49,60	81,54
Randomizações do eixo “p”	0,004	0,003

Tabela 20. Correlação das espécies de diatomáceas abundantes com os componentes principais 1 e 2.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2	Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
AAMB	-0,731	-0,164	FAsp5PBEICH	-0,567	-0,087
AUGR	-0,030	-0,964	FCRS	0,937	-0,055
AUsp2PBEICH	-0,061	-0,799	NHBT	-0,400	-0,736
AUTL	-0,306	-0,792	STCU	0,078	-0,377
BBRE	0,883	-0,144	EBIL	0,907	0,117
BNEO	0,320	-0,715	EINC	0,826	0,318
EBOT	0,012	-0,886	ESHU	0,580	-0,052
EMUC	0,902	-0,002	NHMD	-0,132	0,441
EMUT	0,892	0,102	STDE	0,595	0,474
ENNG	0,229	-0,933	STRL	0,780	0,364
EVEN	0,385	-0,539	SRBA	-0,326	-0,483

5.3.3. Comparação entre as comunidades de diatomáceas: plâncton e sedimento superficial

Com base nas abundâncias relativas de 23 táxons abundantes foram avaliadas as principais tendências de variação das diatomáceas planctônicas e presentes nos sedimentos superficiais das represas do Sistema Produtor Alto Cotia.

A análise de coordenadas principais resumiu 69% da variabilidade conjunta dos dados (Fig. 34, tabelas 21 e 22). No primeiro eixo de ordenação, posicionaram-se as unidades amostrais em função dos compartimentos, ou seja, as relativas ao plâncton de ambos os períodos (verão e inverno) ordenadas do lado positivo do eixo 1 (exceto a PB4) e as do compartimento sedimentar, do lado negativo deste eixo. As unidades amostrais do plâncton associaram-se às maiores abundâncias das espécies do gênero *Aulacoseira* (*A. granulata*, AUGR, $r = 0,7$; *A. ambigua*, AAMB, $r = 0,6$; *Aulacoseira* sp2PBEICH, AUsp2PBEICH, $r = 0,5$). Do lado negativo desse eixo, as unidades amostrais dos sedimentos associaram-se à maior diversidade de táxons e, principalmente, às maiores abundâncias de seis espécies do gênero *Eunotia* (EBOT, EBIL, EINC, EMUC, EMUT e EVEN, $r > 0,5$), bem como de *Brachysira brebissonii* (BBRE), *Brachysira neoexolis* (BNEO), *Frustulia crassinervia* e *Encyonopsis schubartii* (ESHU), as quais apresentaram maiores correlações com este eixo ($r > 0,7$).

No eixo 2, verifica-se a ordenação das unidades amostrais do planctôn, que se ordenaram em função do período climático. Assim, no lado positivo, posicionou-se a maioria das unidades amostrais do período de inverno independentemente da represa, que se associaram à maior representação de *Aulacoseira ambigua* (AAMB, $r > 0,6$). Do lado negativo do eixo, ordenaram-se as unidades referentes ao período do verão, associadas à maior abundância de *A. tenella* (AUTE, $r > 0,8$) e de *Stenopterobia delicatissima* (STDE, $r = 0,4$).

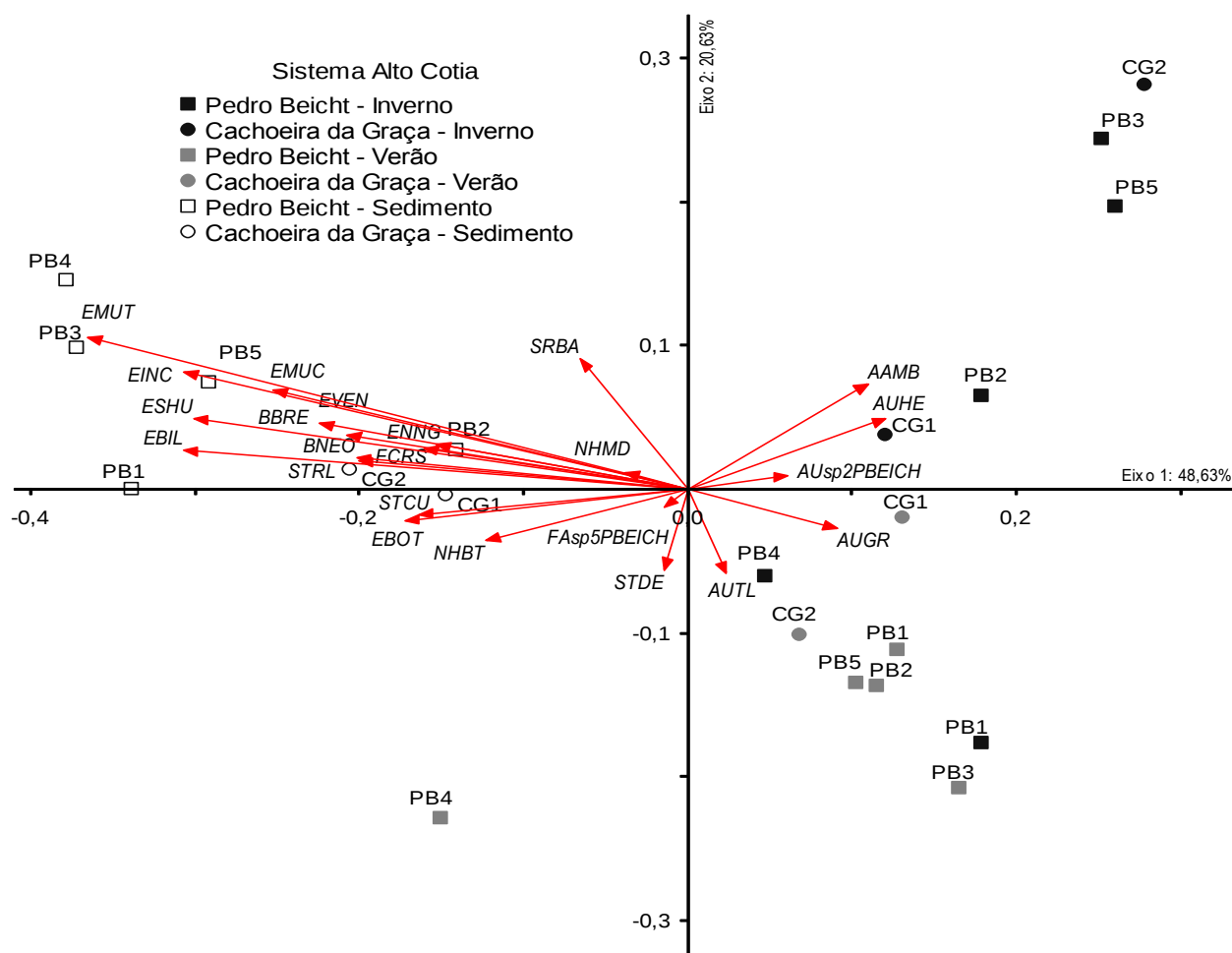


Figura 34. Análise dos componentes principais (ACP) com base em 23 espécies abundantes do fitoplâncton e dos sedimentos superficiais das represas do Sistema Alto Cotia. **PB:** Pedro Beicht; **CG:** Cachoeira da Graça. Os números indicam a estação de amostragem. Nome das espécies conforme tabelas 10 e 17

Tabela 21. Síntese da PCA realizada a partir de 23 espécies de diatomáceas.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	0,967	0,410
Porcentagem de variância explicada	48,63	20,63
Porcentagem de variância acumulada	48,63	69,26
Randomizações do eixo “ <i>p</i> ”	0,001	0,083

Tabela 22. Correlação das variáveis com os componentes principais 1 e 2.

Espécies	Eixo 1	Eixo 2	Espécies	Eixo 1	Eixo 2
AAMB	0,664	0,681	EVEN	-0,751	-0,236
AUGR	0,781	-0,353	ENNG	-0,683	-0,216
AUHE	0,409	0,257	ESHU	-0,763	0,190
AUsp2PBEICH	0,591	0,136	FAsp5PBEICH	-0,125	-0,159
AUTL	0,223	-0,873	FCRS	-0,868	0,231
BBRE	-0,873	0,243	NHBT	-0,626	-0,280
BNEO	-0,810	0,137	NHMD	-0,291	0,126
EBOT	-0,729	0,143	STDE	-0,067	-0,390
EBIL	-0,649	0,087	STCU	-0,688	-0,113
EINC	-0,539	0,220	STRL	-0,351	-0,053
EMUC	-0,726	0,306	SRBA	-0,091	0,193
EMUT	-0,656	0,290			

6. Discussão

6.1. Características Abióticas das Represas do Sistema Produtor Alto Cotia

As represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça formam o Sistema Produtor Alto Cotia cujas barragens estão conectadas e seu funcionamento hidrológico e operacional é compartilhado. As represas são classificadas como reservatórios de tamanhos muito pequenos a pequenos, conectados em sistemas de reservatórios em cascata, com tempo de retenção intermediária, segundo critérios de Straškaba & Tundisi (2000).

As características limnológicas das represas indicam que as mesmas permanecem em condições relativamente protegidas, de baixo impacto antropogênico, promovidas pela inserção destas na reserva Florestal do Morro Grande (RFMG).

A avaliação conjunta dos dados indicou que a maior variabilidade limnológica ocorreu entre represas e, em seguida, em escala temporal (período climático). Desta forma, a represa Cachoeira da Graça apresentou teores mais elevados de nutrientes (sílica reativa, fósforo total e nitrogênio) e maior disponibilidade de íons bicarbonato. Considerando que esta represa é rasa (apresentando maior influência dos sedimentos) e está conectada à represa localizada a montante (Pedro Beicht) mediante um canal aberto que passa pela reserva florestal ao longo de 10 km, muito provavelmente trata-se de um processo natural de enriquecimento. Ainda, as baixas concentrações de nutrientes em suas formas dissolvidas encontradas em ambas as represas são características de ambientes oligotróficos (Bicudo *et al.* 2002, Lopes *et al.* 2005, Ferrari 2010), assim como os valores de nitrogênio e fósforo total (Arcifa *et al.* 1981, Giancesella-Galvão 1981, Tundisi *et al.* 2006, Vercelino & Bicudo 2006, Ferrari 2010). Em relação à sílica reativa, alguns fatores promovem seu enriquecimento na coluna d'água via água intersticial tais como circulação, profundidade do sistema, entre outros (Wetzel 2001). Assim, a baixa profundidade da represa, sua conexão via canal raso e, muito provavelmente, a construção de uma nova barragem e ponte na represa no segundo semestre de 2009 (antes da amostragem) devem ter concorrido para os valores mais elevados de SSR na represa Cachoeira da Graça em ambos os períodos climáticos.

Em relação à escala temporal, os períodos climáticos foram típicos para a região, ou seja, apresentando verão chuvoso com temperaturas elevadas e inverno com baixa precipitação e temperaturas inferiores. Apesar dessas diferenças, a estratificação física e química da água foi apenas acentuada na estação de captação em Pedro Beicht (PB3). Conforme Giancesella-Galvão (1981) e Tundisi & Calijuri (1991), a represa Pedro Beicht é um sistema polimíctico e as mini-estratificações não são suficientes para resistir ao efeito mecânico dos ventos. A represa Cachoeira da Graça por ser muito rasa provavelmente apresenta estratificações efêmeras. No período de verão,

as represas caracterizaram-se pela maior disponibilidade de amônio, maior condutividade, menores teores de oxigênio dissolvido e menor transparência, muito provavelmente associados aos aportes de matéria orgânica e inorgânica no período chuvoso e ao processo de decomposição (Esteves 2011). O leve aumento da condutividade pode ser atribuído ao desnível apresentado nas represas, cuja diferença operacional foi de 40% no volume armazenado, propiciando ressuspensão do fundo, bem como ao aumento dos teores de amônio. Os baixos valores observados são comumente encontrados em ambientes localizados em áreas com baixa densidade populacional e protegidos por cobertura vegetal (Tundisi 1988, Tundisi 1991, Tundisi & Calijuri 1991).

Em relação ao estado trófico, as represas foram classificadas como mesotróficas, confirmando classificação realizada pela Cetesb (2011) no ponto de captação do Sistema Produtor Alto Cotia, na represa Cachoeira da Graça. Há mais de 30 anos, a represa Pedro Beicht foi classificada como mesotrófica com base nos valores de clorofila-a e produtividade (Gianesella-Galvão 1981). Todavia, segundo Tundisi & Calijuri (1991), a mesma foi considerada oligotrófica levando em conta fatores como circulação, oxigenação, fósforo total, transparência, apesar dos valores máximos de clorofila-a ($13,8 \mu\text{g L}^{-1}$) serem considerados elevados. Mais recentemente, as represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça foram classificadas como mesotróficas na maior parte de um ciclo anual e, em alguns meses, como eutróficas (Tundisi *et al.* 2006). No presente estudo em que foram consideradas as escalas espacial (nas represas) e temporal (períodos seco e chuvoso), tanto os valores de fósforo total quanto os de clorofila-a classificam ambos os sistemas como mesotróficos (IET = 57-58), porém quase atingindo o limiar de eutrófico (IET = 60-63), conforme critérios de Lamparelli (2004). Entretanto, os valores de clorofila-a no período de verão na região de captação de água em Pedro Beicht ($16,1 \mu\text{g L}^{-1}$) classificam a represa como eutrófica.

De modo geral, a comparação dos resultados obtidos para a represa Pedro Beicht com estudos anteriores (Gianesella-Galvão 1981, Arcifa *et al.* 1981, Tundisi & Calijuri 1991) indica que o sistema vem mantendo suas características limnológicas, ou seja, águas bem oxigenadas, com pH levemente ácido, baixa condutividade, baixos teores de nutrientes dissolvidos, concentrações de fósforo total e de clorofila-a ainda relativamente baixas (exceto ao destacado anteriormente para PB3). Ainda, as elevadas razões molares NT:PT estão de acordo com a suposta limitação pelo fósforo conforme Gianesella-Galvão (1981). Considerando a biomassa fitoplanctônica, os valores de clorofila-a foram superiores aos registrados na época do estudo por Tundisi *et al.* (1988) para represas oligo-mesotróficas da RMSP, foram maiores do que o reportado para represa urbana oligotrófica (Ferrari 2010) e mais similares a sistemas mesotróficos como Cabuçu, Taiaçupeba, Rio Preto e Ituparanga (Cetesb 2011).

Ao que tudo indica, as represas vem se mantendo mesotróficas ao longo de décadas. Neste sentido, é importante considerar a contribuição de matéria orgânica natural alóctone tanto oriunda da vegetação alagada na fase de enchimento das represas (Sabesp 2011, comunicação pessoal), quanto do aporte externo via remanescente florestal circundante. Assim sendo, como as represas são antigas, construídas no início do século passado, as evidências sinalizam um processo natural de enriquecimento.

Considerando o compartimento sedimentar, os dois primeiros centímetros superficiais usualmente integram de um a dois anos de informação, excepcionalmente, até quatro anos em locais com baixa sedimentação (Smol 2008). Recentemente, Oliveira (2011) estimou a taxa de sedimentação na represa Pedro Beicht a partir da avaliação de quatro testemunhos datados pela atividade do ^{210}Pb , obtendo o valor de $0,54 \pm 0,01 \text{ cm ano}^{-1}$ (Oliveira 2011). Com base neste resultado, foi possível estimar que os primeiros dois centímetros usados nesse estudo correspondem a ~3,7 anos, ou seja, abrangem informações acumuladas durante o período de 2007 a 2010. Este resultado está de acordo com as baixas taxas de sedimentação usualmente encontradas em locais onde a vegetação é exuberante e os processos de erosão são minimizados (Smol 2008). Os resultados da granulometria, com predominância de partículas mais finas (silte e argila), também indicam ambientes com baixa alteração hidrodinâmica e não submetidos à erosão. Dados similares são apresentados por Costa-Böddeker *et al.* (2012) em estudo sobre a reconstrução da eutrofização em represa urbana e por Wengrat & Bicudo (2011) para o complexo Billings, ambos situados na RMSP.

Em relação à matéria orgânica, deve-se considerar que as represas são antigas, estão inseridas em remanescente de Mata Atlântica e foram construídas sem a remoção da vegetação original (SABESP 2010, comunicação pessoal). Neste sentido, a vegetação terrestre contribui com valores elevados de carbono e nitrogênio por apresentar grandes quantidades de celulose e poucas proteínas em relação ao componente algal (Meyers 2003). As porcentagens de COT encontradas na represa Pedro Beicht variaram de 8 a 12% (exceto em PB2: 4%) e na represa Cachoeira da Graça, de 6 a 8%. Tais valores podem ser considerados elevados e comparáveis aos obtidos em lagos de águas escuras no sistema de várzea do Rio Amazonas (Amorim *et al.* 2009), em sedimentos do complexo Billings, nas áreas mais eutrofizadas (Wengrat & Bicudo 2011), bem como para o topo do testemunho de represa urbana hipereutófica (Costa-Böddekar 2012). Os resultados observados confirmam os reportados para testemunhos da represa Pedro Beicht (Oliveira 2011). A menor porcentagem de COT na estação PB2 também foi observada por Oliveira (2011), que atribuiu à matriz geológica dessa área formada por aluviões quaternários e diferente das demais estações de estudo que apresentam o mesmo embasamento geológico, formado de rochas graníticas e

granodioríticas (Metzger *et al.* 2006b). A contribuição de nitrogênio de 0,5 a 1,1% (exceto em PB2, 0,2%) também pode ser considerada elevada. Valores similares foram encontrados para o Complexo Billings (Wengrat & Bicudo 2011) e para a zona meso-eutrófica de testemunho sedimentar de uma represa urbana hipereutrófica (Costa-Böddeker *et al.* 2012).

Apesar de os valores de contribuição de carbono e nitrogênio indicarem a produtividade dos ecossistemas, os mesmos constituem uma variável isolada para avaliação da qualidade biogeoquímica dos sedimentos, sendo necessário avaliar a razão C:N, que informa a origem da matéria orgânica (Cetesb 2011). Usualmente, razão C:N ≥ 20 pode ser atribuída à prevalência de matéria orgânica de origem vegetal (plantas vasculares), razão C:N entre 10-20 reflete a dominância de substâncias húmicas, enquanto que razão C:N menores do que 10 indicam maior contribuição de matéria orgânica de origem algal (Håkanson 1984, Meyer 2003, Das *et al.* 2008). Os valores encontrados no presente, na maioria entre 11 a 15 (exceto PB5, cerca de 9), indicam que a matéria orgânica possui grande quantidade de substâncias húmicas, o que está de acordo com avaliação feita nos testemunhos sedimentares de Pedro Beicht (Oliveira 2011).

Finalmente, apesar de o fósforo geoquímico sinalizar alterações sobre o uso e a ocupação da bacia de drenagem (Esteves 2011), seus valores absolutos devem ser usados com cautela devido à sua mobilidade no sedimento (Wetzel 2001). Ainda assim, pode-se afirmar que as contribuições encontradas para as represas do Sistema Produtor Alto Cotia (0,01 a 0,05%) são baixas e apenas comparáveis em âmbito da RMSP aos níveis basais relatados para o testemunho do Lago das Garças durante período considerado oligotrófico (1919-1940) (Costa-Böddeker *et al.* 2012). Apesar da limitação na análise das concentrações de fósforo geoquímico, a Cetesb (2011) adota três categorias para avaliar a qualidade dos sedimentos: valores inferiores a 750 mgP kgMS⁻¹ são considerados como de origem natural (boa qualidade) e próximos da composição da crosta terrestre; valores entre 750 e 1.500 mgP kgMS⁻¹ são indicativos de algum impacto no corpo d'água (qualidade ruim) e acima desse limiar são considerados de elevado grau de impacto (péssima qualidade). Também com base neste critério, todos os valores encontrados foram inferiores a 524 mgP kgMS⁻¹, confirmando a boa qualidade dos sedimentos no que se refere a suas condições nutricionais.

Em síntese, as informações geoquímicas observadas nas represas do Sistema Produto Alto Cotia dão suporte às inferências obtidas pela análise da água sobre o processo de enriquecimento natural desses ambientes. A alta produtividade das represas Pedro Beicht e de Cachoeira da Graça, demonstrada pela composição geoquímica dos sedimentos recentes (COT, NT), permite afirmar que a matéria orgânica continua sendo, principalmente, de origem florestal, conforme previamente avaliado por Oliveira (2011).

6.2. Diatomáceas fitoplanctônicas das represas do Sistema Produtor Alto Cotia

As comunidades de diatomáceas planctônicas das represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça foram caracterizadas pela abundância de poucas espécies e presença de muitas espécies raras, como comumente reportado em represas da RMSP, independentemente de seu estado trófico (Ferrari 2010, Wengrat 2011).

Os dois gêneros que mais se destacaram em número de espécies foram *Eunotia* (13) e *Aulacoseira* (5). Todavia, os representantes do último gênero apresentaram grande expressão quantitativa, chegando a contribuir com 80% ou mais da abundância da comunidade em diferentes estações de amostragens, apresentando a única espécie dominante (*A. ambigua*) encontrada na represa Cachoeira da Graça.

Os resultados obtidos, considerando a distribuição das espécies, demonstram a maior influência da escala espacial (entre represas) na organização das comunidades de diatomáceas. Entretanto, a avaliação conjunta com os dados ambientais salienta as diferenças entre períodos climáticos bem como morfometria das represas (profundidade). Assim, no período do inverno, independente da represa, porém com destaque para as estações mais profundas, a comunidade caracterizou-se pela maior abundância de três espécies de *Aulacoseira* (*A. ambigua*, *Aulacoseira* sp2PBEICHT e *A. herzogii*). Em contraste, no período de verão e principalmente nas regiões mais rasas, a comunidade apresentou-se mais diversificada e com maior representação de espécies de distintos gêneros tais como *Brachysira brebissonii*, *Navicula herbstiae*, *Stenopterobia delicatissima* e *S. curvula*.

O gênero *Aulacoseira* é reportado como ubíquo e o mais bem sucedido dentre as diatomáceas cêntricas, sendo comumente abundante no plâncton de lagos, represas e rios de grande porte (Wetzel 2011, Spaulding & Edlung 2008). No Reino Unido, assim como em regiões temperadas, esse gênero é bastante comum e as maiores concentrações específicas (ex. *A. ambigua* e de *A. granulata*) ocorrem durante a primavera após circulação da coluna d'água e maior disponibilidade de nutrientes, especialmente de sílica reativa (<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/>, Wetzel 2001). Nas represas urbanas da RMSP, as espécies deste gênero também estão muito bem representadas. Desta forma, em represa oligotrófica, com baixo tempo de residência, uma espécie não identificada contribuiu com mais de 50% da densidade de diatomáceas (Ferrari 2010). Duas espécies de *Aulacoseira* (*A. ambigua* e *A. granulata*) foram associadas às regiões mesotróficas a supereutróficas em período de inverno no Complexo Billings, enquanto *A. tenella* foi mais abundante na região mais protegida e mesotrófica deste sistema (Wengrat 2011). A partir da reconstrução paleolimnológica do processo da eutrofização (110 anos) de represa hipereutrófica, Costa-Böddeker *et al.* (2012) encontraram grande representação de *A. ambigua* e *A. granulata* ao

longo de todo o testemunho sedimentar, associando-as a alterações físicas como maior turbulência, eventos de erosão e de diminuição da disponibilidade de luz, não sendo assim espécies indicadoras da eutrofização. De fato, tais espécies vêm sendo reportadas em elevadas densidades em ambientes com diferentes estados tróficos, desde oligotróficos a supereutróficos, e associadas a eventos relacionados à turbulência, variação de profundidade e ao regime de mistura (Zalat 2000, Cruces *et al.* 2001, Cabarello *et al.* 2006, Cruces *et al.* 2006, Taylor *et al.* 2007, Zalat & Vildary 2007, Yang *et al.* 2008, Wengrat 2011, Stoof-Leichsenring *et al.* 2011). Como estas espécies foram associadas ao período de inverno nas represas do Alto Cotia, confirma-se o favorecimento das mesmas em períodos de circulação e de maior turbulência. Ainda, considerando a dominância de *A. ambigua* no período de inverno e apenas em uma estação de amostragem de Cachoeira da Graça (CG2), na qual houve construção de nova barragem, é provável que esta espécie também esteja associada a eventos de erosão e diminuição da disponibilidade de luz.

Conforme mencionado, quatro espécies principais caracterizaram o período de verão (*Brachysira brebissonii*, *Navicula herbstiae*, *Stenopterobia delicatissima* e *S. curvula*) e com destaque para as regiões mais rasas das represas. As espécies são, em sua maioria, representantes de habitats bentônicos, que muito provavelmente foram arrastadas para o plâncton, conforme já reportado em literatura (Spaulding & Edlung 2009). Neste sentido, é importante observar o desnível operacional dessas represas (de 1 a 2 m) no período de verão, que deve ter concorrido para o enriquecimento de espécies bentônicas no plâncton. *Brachysira brebissonii* vem sendo reportada para ambientes oligo-mesotróficos ao longo da planície costeira da América do Norte em águas com teores baixos de fósforo total (5-13 $\mu\text{g L}^{-1}$) (Hamilton 2010, Siver *et al.* 2005 e Camburn & Charles 2000). *Eunotia botuliformis*, associada principalmente à Represa Pedro Beicht, é encontrada em ambientes distróficos e oligotróficos, com baixa condutividade e em habitat bentônico (Veselá & Johansen 2009, Wetzel 2011). Ainda, algumas espécies abundantes neste período (ex. *Brachysira brebissonii* e *Frustulia crassinervia*) caracterizam, juntamente com outras espécies, a fase oligotrófica, com menor alteração física e menor turbulência de represa urbana de São Paulo (Costa-Böddeker *et al.* 2012).

Em síntese, considerando ambas as represas do Sistema Alto Cotia, as comunidades de diatomáceas planctônicas do verão caracterizaram ambientes oligotróficos, distróficos, de águas levemente ácidas, com baixa condutividade, e representadas por muitos componentes bentônicos, e que merecem mais estudos quanto a sua presença no plâncton. No período de inverno, as comunidades caracterizaram principalmente ambientes turbulentos. De modo geral, entretanto, duas espécies de *Aulacoseira* (*A. granulata* e *A. ambigua*) foram amplamente bem representadas nas represas em ambos os períodos climáticos.

6.3. Diatomáceas dos sedimentos superficiais do Sistema Produtor Alto Cotia

Os sedimentos, por seu caráter acumulativo e integrador, fornecem informações biogeoquímicas sobre os eventos que ocorreram no passado em escalas espacial e temporal maiores, permitindo uma avaliação mais ampla das alterações ambientais que se sucederam nos ecossistemas aquáticos (Mozeto 2004, Battarbee *et al.* 2005, Smol 2008). Desta forma, as espécies acumuladas nos sedimentos integram informações de diversos habitats (Bennion 1995).

Conforme mencionado anteriormente, os dois primeiros centímetros superficiais da represa Pedro Beicht e, muito provavelmente, da represa Cachoeira da Graça integram quase quatro anos de informação, conforme datação dos testemunhos sedimentares da represa Pedro Beicht realizada por Oliveira (2011).

Como o esperado, a composição de espécies de diatomáceas no sedimento foi superior ao encontrado na coluna d'água, apresentando muitos representantes de hábito bentônico e planctônico, principalmente do gênero *Eunotia* e *Aulacoseira*, respectivamente. Destaca-se, ainda, a maior riqueza na represa Cachoeira da Graça, muito provavelmente, por se situar a jusante e ser mais rasa, acumulando informações de vários habitats.

Em relação à distribuição quantitativa das espécies, nas duas represas os representantes de *Aulacoseira* contribuíram com 21 a 47% da abundância total, enquanto que as espécies de *Eunotia* (gênero com maior número de espécies) contribuíram com no máximo 25% da abundância relativa nas estações de amostragem. De modo geral, a espécie mais bem representada e amplamente distribuída foi *Aulacoseira tenella*. Esta espécie vem sendo encontrada em ambientes acidófilos (Camburn & Charles 2000) e oligotróficos (Siver & Kling 1997) e, no Brasil, em ecossistemas lóticos (Landucci & Ludwig 2005), represas com baixa condutividade (Raupp *et al.* 2006, Eskinazi-Leça *et al.* 2010) e até mesotrófica (Wengrat 2011).

A análise conjunta dos dados demonstrou que a maior diferença ocorreu entre as estações de amostragem de Pedro Beicht, separando a estação PB2 de todas as demais. Vários táxons (três do gênero *Eunotia*, *Frustulia crassinervia* e *Brachysira brebissonii*) associaram-se à maioria das estações de Pedro Beicht. Essas associações (espécies de *Eunotia* e *Brachysira brebissonii* e outra espécie de *Frustulia*) foram encontradas em estudo paleolimnológico de represa urbana de São Paulo e associadas à fase oligotrófica, sem alterações físicas acentuadas, de maior transparência da água e predominância de componentes bentônicos (Costa-Böddeker *et al.* submetido). Na estação PB2 houve maior contribuição de *Aulacoseira ambigua* e uma espécie não identificada de *Fragilaria* (F. sp5 PBeicht). Esta espécie de *Fragilaria* tem afinidade com representantes do gênero *Synedra*, especialmente *S. rumpens* var. *fusa* e *S. nana*, entretanto os indivíduos encontrados frequentemente apresentavam a região central com deformidades o que dificultou sua identificação.

A estação PB2 distinguiu-se de todas as demais também em relação à densidade de diatomáceas e às características geoquímicas, conforme já discutido. Em seguida, a maior separação ocorreu entre a estação PB4 (a mais rasa de Pedro Beicht) e CG2 (rasa, ponto de captação de água), nas quais houve maior abundância de *Eunotia incisa* e *Surirella roba*, respectivamente. As espécies de *Eunotia* são comumente reportadas em águas levemente ácidas, com baixa condutividade (Wetzel 2011). Da mesma forma, *Surirella roba* também vem sendo encontrada em ambientes ácidos, em habitat bentônico, sendo muito sensível à poluição e indicadora de condição oligosaprobia em vários países da Europa (Reino Unido, França, Áustria e Holanda) (<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/>).

Finalmente, a comparação das diatomáceas planctônicas e presentes nos sedimentos superficiais indicou claramente que a maior variabilidade em sua distribuição foi devida aos compartimentos analisados (plâncton e sedimento superficial). A comunidade planctônica formou um grupo bastante delimitado, independentemente do período climático, mais uniforme e associado principalmente a três espécies de *Aulacoseira* (*A. granulata*, *A. ambigua* e *Aulacoseira* sp2 PBEICH), que caracterizam ambientes mais turbulentos. A espécie AUsp2PBEICH foi recentemente proposta como uma nova espécie por Tremarin *et al.* (2012), não havendo informações ecológicas disponíveis. As diatomáceas associadas aos sedimentos caracterizaram-se pela maior diversidade, presença de seis espécies de *Eunotia*, *Stenopterobia delicatissima* e *Brachysira brebissonii*, ou seja, na grande maioria por representantes bentônicos, associados com águas levemente ácidas, com baixa condutividade e maior transparência.

Em síntese, os resultados encontrados reforçam o papel integrador dos sedimentos, demonstrando a presença de espécies planctônicas, porém também a grande representação de elementos bentônicos, que são comumente encontrados em ambientes rasos, levemente ácidos, com baixa condutividade e maior transparência.

7. Conclusões e Considerações Finais

✓ As represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça, pertencentes ao Sistema Produtor Alto Cotia, foram classificadas como mesotróficas e vem mantendo suas características limnológicas desde o primeiro estudo realizado, na década de 80. Todavia, a classificação de seu estado trófico está próxima do limiar meso-eutrófico, sendo que os teores de clorofila-a, no período de verão, elevam a classificação da região de captação de água em Pedro Beicht para eutrófica.

✓ As características geoquímicas dos sedimentos superficiais (2 cm, ~3,7 anos) das represas denotam elevados teores de carbono e nitrogênio orgânico total, grandemente constituído de substâncias húmicas, bem como baixos valores de fósforo total. Desta forma, a matéria orgânica nas represas é grandemente de origem vegetal alóctone (Reserva Florestal do Morro Grande).

✓ O conjunto de informações limnológicas (compartimento água e dos sedimentos) indica que as represas deste sistema produtor permanecem em condições relativamente bem protegidas, de baixo impacto antropogênico, promovidas pela inserção destas na Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG). Todavia, como são antigas, construídas no início do século passado e sem remoção da vegetação natural, as evidências sinalizam um processo de enriquecimento natural.

✓ A maior variabilidade limnológica ocorreu na escala espacial (entre as represas), de forma que a represa Cachoeira da Graça apresentou teores mais elevados de nutrientes (sílica reativa, fósforo e nitrogênio) o que se explica pela sua conexão com a represa Pedro Beicht (a montante) mediante um canal aberto que passa pelo remanescente vegetal, bem como pela sua baixa profundidade (maior interação com sedimento).

✓ A biodiversidade da comunidade de diatomáceas planctônicas foi representada por 63 táxons específicos e infraespecíficos, distribuídos em 27 gêneros. Desses táxons, 15 foram considerados abundantes e apenas uma espécie dominante (*Aulacoseira ambigua*) em uma única ocasião.

✓ A biodiversidade nos sedimentos recentes (2 cm) foi maior, uma vez que este compartimento integra escala tempo superior (~3,7 anos) e elementos de vários habitats. As diatomáceas foram representadas por 98 táxons específicos e infraespecíficos, dos quais 23 foram considerados descritores, não havendo espécies dominantes.

✓ A organização da comunidade de diatomáceas planctônicas foi influenciada pela escala temporal de variação (períodos climáticos) bem como pela morfometria (profundidade) das represas. No período de inverno e, principalmente para os locais mais profundos, a comunidade caracterizou-se pela grande representação de três espécies de *Aulacoseira* (*A. ambigua*, *A. herzogii* e *Aulacoseira* sp2PBEICHT). No período de verão e nas regiões mais rasas, a comunidade foi mais

diversificada, com representação de diversos elementos de hábito bentônico, e principalmente de *Brachysira brebissonii*, *B. neoxilis*, *Navicula herbstiae*, *Stenopterobia delicatissima* e *S. curvula*. De modo geral, entretanto, duas espécies de *Aulacoseira* (*A. granulata* e *A. ambigua*) foram amplamente bem representadas nas represas em ambos os períodos climáticos, indicando a prevalência de ambientes turbulentos, com circulação da coluna d'água.

✓ A dominância de *Aulacoseira ambigua* na estação de amostragem que recebeu impacto pela construção de nova barragem antes do período de amostragem (CG2) sugere a associação desta a eventos de alteração física.

✓ Nos sedimentos superficiais das duas represas, os representantes de *Aulacoseira* contribuíram com 21 a 47% da abundância total, enquanto que as espécies de *Eunotia* (gênero com maior número de espécies) contribuíram com no máximo 25% da abundância relativa nas estações de amostragem. De modo geral, todavia, a espécie mais bem representada e amplamente distribuída foi *Aulacoseira tenella* que usualmente vem sendo associada a ambientes oligotróficos a mesotróficos.

✓ A comparação entre as diatomáceas planctônicas e presentes nos sedimentos superficiais indicou claramente que a maior variabilidade em sua distribuição ocorre em função dos compartimentos (plâncton e sedimento superficial), e que os sedimentos recentes integram elementos planctônicos de ambos os períodos climáticos, bem como várias espécies bentônicas.

✓ As comunidades de diatomáceas das represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça reforçam as características de ambientes ainda com baixo impacto antropogênico, ou seja, de águas levemente ácidas, bem oxigenadas, com baixos teores de nutrientes e de biomassa fitoplanctônica, com predomínio de matéria orgânica vascular alóctone, bem como de ambientes turbulentos, com frequente circulação d'água.

✓ Apesar das evidências de um processo natural de enriquecimento das represas, recomenda-se um monitoramento mais intensivo e aprofundado no ponto de captação da represa Pedro Beicht, que já apresenta teores elevados de biomassa fitoplanctônica no período de verão.

✓ Destaca-se a importância da RFMG para a manutenção da qualidade ecológica das represas e de condições de referência para os mananciais da RMSP.

8. Referências Bibliográficas

- Academia de Ciências da Filadélfia - Diatom Collection.** Disponível em <<http://research.calacademy.org/research/diatoms/names>> Acesso em: 22 de janeiro de 2010.
- Amorim, M.A., Turcq, P.F.M., Turcq, B.J. & Cordeiro, R.C.** 2009. Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na Várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil. *Acta Amazônica* 39:165–172 pp.
- Andersen, J.M.** 1976. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Research* 10: 329-331.
- Arcifa, M.S.; Carvalho, M.A.J., Giancesella-Galvão, S.M.F., Shimizu, G.Y., Froehlich, C.G. & Castro, R.M.C.** 1981. Limnology of ten reservoirs in Southeastern Brazil. *Verh.Internat.Verein.Limnol.* 21:1048-1053 pp.
- Battarbee, R.W.** 1986. Diatoms analysis. In: Berglund, B.E. (ed.) *Handbook of Holocene Palaeohydrology*. New York: John Wiley & Sons. 527-570 p.
- Battarbee, R.W.** 1999 The importance of palaeolimnology to lake restoration. *Hydrobiologia* 395(396):149–159
- Battarbee, R.W., Jones, V., Flower, R.J., Cameron, N., Bennion, H., Carvalho, L. & Juggins, S.** 2001. Diatoms. In: Smol, J.P; Birks, H.J.B.; Last, W.M. (ed.). *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. London: Kluwer Academic Publishers.v.3. p. 155-203.
- Battarbee, R.W., Anderson, N.J., Jeppensen, E. & Leavitt, P.R.** 2005. Combining paleolimnological and limnological approaches in assessing lake ecosystem response to nutrient reduction. *Freshwater Biology* 50:1772-1780.
- Belling, B., Cocqut, C. & O'Reilly, C. M.** 2006. Benthic diatoms as indicators of eutrophication in tropical streams. *Hydrobiologia* 573: 75-87.
- Bennion, H.** 1995. Surface-sediment diatom assemblages in shallow, artificial, enriched ponds and implications for reconstructing trophic status. *Diatom Research* 10(1):1-19.
- Bennion, H. & Simpson, G. L.** 2011 The use of diatom records to establish reference conditions for UK lakes subject to eutrophication. *Journal Paleolimnology* 45: 469-488.
- Bennion, H., Appleby, P.G. & Phillips, G.L.** 2001. Reconstructing nutrient histories in the Norfolk Broads, UK: implications for the role of diatom-total phosphorus transfer functions in shallow lakes management. *Journal of Paleolimnology* 26: 181-204.
- Bere, T. & Tundisi, J.G.** 2011a. Applicability of borrowed diatom-based water quality assessment indices in streams around São Carlos-SP, Brazil. *Hydrobiologia* 673: 179-192.
- Bere, T. & Tundisi, J.G.** 2011b. The effects of substrate type on diatom-based multivariate water quality assessment in a tropical river (Monjolinho), São carlos, SP, Brazil. *Water, Air & Soil Pollution* 216: 391-409.

- Bernacci, L.C., Franco, G.A.D.C., Arbocz, G.F., Catharino, E.L.M., Durigan, G. & Metzger, J.P.** 2006. Efeito da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da Reserva Morro Grande (Planalto de Ibiúna, SP). *Rev. Inst. Flor.* 18: 121-166.
- Beyruth, Z.** 2000. Periodic disturbances, trophic gradient and phytoplankton characteristics related to cyanobacterial growth in Guarapiranga Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Hydrobiologia*: 424: 51-65.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C.** 2008. Mudanças climáticas globais: efeitos sobre as águas continentais superficiais. In: Buckeridge, M. (org.) *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: RiMa Editora, p. 151-165.
- Bicudo, D. C.** 1990. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. *Acta Limnol. Brasil.*, v.3, p.459-475.
- Bicudo, D.C., Forti, M.C., Carmo, C.F.C., Bourotte, C., Bicudo, C.E.M., Melfi, A. & Lucas, Y.** 2002. A atmosfera, as águas superficiais e os reservatórios no PEFI: caracterização química. In Bicudo, D.C.; Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M. (eds.), *Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação ameaçada pela urbanização de São Paulo*. Editora da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 212 p.
- Blinn, D.W. & Bailey, P.C.E.** 2001. Land-use influence on stream water quality and diatom communities in Victoria, Australia: a response to secondary salinization. *Hydrobiologia*. 466: 231-244.
- Blott, S.J. & Pye, K.** 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.
- Braga, B.P.F., Flecha, R., Pena, D.S. & Kelman, J.** 2008. Pacto federativo e gestão de águas. *Estudos Avançados* 22(63): 17-42.
- Caballero, M., Vasquez, G., Lozano-García, S., Rodríguez, A., Sosa-Nájera, S., Ruiz-Fernandez, A.C. & Ortega, B.** 2006. Present limnological conditions and recent (ca. 340 yr) paleolimnological of a tropical lake in the Sierra de Los Tuxtlas, eastern Mexico. *Journal of Paleolimnology* 35:83-97 pp.
- Camburn, K.E. & Charles, D.F.** 2000. Diatoms of Low-Alkalinity Lakes in the Northeastern United States. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Special Publication 18, 152 p.
- Carlson, R. E.** 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 361-80.
- Carpenter, S.R.** 2005. Eutrophication of aquatic ecosystems: stability and soil phosphorous. *Proceedings of the National Academic of Sciences of the United States of America*, 102: 10002–10005.
- Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.** 2011. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2010. 289 p.
- Ciiagro** - Centro integrado de informações agrometeorológicas. <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>
Acesso em: 14 de fevereiro de 2012.

- Costa, S.V.** 2008 Histórico da eutrofização do Lago das Garças (Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo) durante o século XX com base no registro de diatomáceas em sedimentos. Tese de Doutorado. Instituto de Botânica, São Paulo, SP. 138 p.
- Costa-Böddeker, S., Bennion, H., Jesus, T.A., Albuquerque, A.L.S. & Bicudo, D.C.** 2012. Paleolimnologically inferred eutrophication of a shallow tropical urban reservoir, southeast Brazil. *Journal of Paleolimnology*. Artigo aceito.
- Cruces, F., Urrutia, R., Araneda, A., Torres, L., Cisternas, M. & Vyverman, W.** 2001. Evolución trófica de Laguna Grande de San Pedro (VIII región, Chile) durante el último siglo, mediante el análisis de registros sedimentários. *Rev Chil His Nat* 74: 407-418 pp.
- Cruces, F., Urrutia, R., Parra, O., Araneda, A., Treutler, H., Bertrand, S., Fagel, N., Torres, L., Barra, R. & Chirinos, L.** 2006. Changes in diatom assemblages in an Andean lake in response to a recent volcanic event. *Archiv für Hydrobiologie* 165:23–35.
- Dalton, C., Birks, H. J. B., Brooks, S. J., Camerond, N. G., Evershede, R. P., Peglar, S. M., Scott, J. A. & Thompson, R.** 2005. A multi-proxy study of lake-development in response to catchment changes during the Holocene at Lochnagar, north-east Scotland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 221: 175–201.
- Das, S.K., Routh, J., Roychoudhury, A.N. & Klump, J.V.** 2008. Elemental ratios (C/N, H/C) and stable isotope ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) signatures in sediments from Zeekoewlei, South Africa—A record of human intervention into the lake. *Journal of Paleolimnology* 39:349–360 pp.
- De Vicente, I., Amores, V. & Cruz-Pizarro, L.** 2006. Instability of shallow lakes: A matter of the complexity of factors involved in sediment and water interaction? *Limnetica*, 25(1-2), 253–270.
- Dennys, L.** 1991. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements, I: introduction, ecological code and complete list. *Service Geologique de Belgique, Professional Paper*, 246, 1-41.
- Digby, P.G.N. & Kempton, R.A.** 1987. Multivariate analysis of ecological communities. London and New York: Chapman and Hall, 206 p.
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O., Gessner, Z. Kawabata, D. Knowler, C. Lévêque, R. J. Naiman, A.H., PrieurRichard, D. Soto, & Stiassny, M.L.J.** 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status, and conservation challenges. *Biological Reviews* 81(2):163–182.
- Düpont, A., Lobo, E. A., Costa, A. B. & Schuch, M.** 2007. Avaliação da qualidade da água do Arroio do Couto, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. *Caderno de Pesquisa. Série Biologia (UNISC)* 9: 20-31.
- Eskinazi-Leça, E., Gonçalves da Silva Cunha, M. da G., Santiago, M.F., Palmeira Borges, G.C., Cabral de Lima, J.M., Da Silva, M.H., De Paula Lima, J. & Menezes, M.** 2010. Bacillariophyceae. In: *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*. Vol. 1. (Forzza, R.C. Eds). Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 262-309 pp.
- Esteves, F.A.** 2011. Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência, 3ª ed., 790 p.

- Ferrari, F.** 2010. Estrutura e dinâmica da comunidade de algas planctônicas (com ênfase nas diatomáceas) em reservatórios oligotrófico e hipertrófico (Parque estadual das fontes do Ipiranga, São Paulo). Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 335 p.
- Gianesella-Galvão, S. M. F.** 1981. Produção primária e suas relações com alguns fatores físico-químicos em reservatórios do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, v. 1. 171 p.
- Gianesella-Galvão, S. M. F. & Arcifa, M. S.** 1988. The ionic composition of ten reservoirs in southern Brazil. *Rev Hydrobiol Trop*, v. 21, p. 93-99.
- Golterman, H.L. & Clymo, R.S.** 1971. Methods for chemical analysis of freshwaters. Ed. Oxford and Edinburg, Blackwell Scientific Publications. International Biological Programmer. 166 p.
- Golterman, H.L., Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M.** 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. 2a ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. International Biological Program. 213p. (Handbook, 8).
- Håkanson, L.** 1984. On the relationship between lake trophic level and lake sediments. *Water Research*. 18:303–314 pp.
- Hamilton, P.** 2010. *Brachysira brebissonii*. In *Diatoms of the United States*. http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/brachysira_brebissonii (Acesso em: 18.01.2012).
- Harper, D.** 1992. Eutrophication of freshwater. London. Ed. Chapman Hall. 327 p.
- Hustedt F.** 1930. Die Susswasser – Flora Mitteleuropas. Otto Koeltz Science Publishers: Germany, 1-466 pp.
- Kolkwitz, R. & Marsson, M.** 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von des biologischen Gewässerbeurteilung. *Int. Rev. ges. Hydrobio.*, 2: 126-152 p.
- Köppen, W.** 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 479 p.
- Lamparelli, M.C.** 2004. Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo: São Paulo. 207 p.
- Landucci, M. & Ludwig, T.A.V.** 2005 Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Acta Botanica Brasilica* 19: 345-357.
- Lange-Bertalot, H.** 2001. Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato, Frustulia, in *Diatoms of Europe*, (2) Köningstein: Koeltz Sci. Books. 526 pp,
- Lecointe, C., Coste, M. & Pryngiel, J.** 1993. “Omnidia”: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270:509-513.
- Lobo, E.A. & Leighton, G.** 1986. Estruturas comunitárias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de La zona Central de Chile. *Revista de Biología Marinha*, v.22, n.1, p. 1-29.

- Lobo, E.A. & Torgan, L.C.** 1988. Análise da estrutura da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) em duas estações do sistema Guaíba, RS, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, 1(2): 103-119.
- Lobo, E.A.; Kirst, A., Costa, A.B. & Oliveira, M.A.** 1995. Estudo na qualidade da água do Arroio Boa Vista, Município de Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul. *Biociências*, Porto Alegre 3 (1): 43-63.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M., Oliveira, M.A., Salomoni, S.E., Schuler, S. & Asai, K.** 1996. Pollution tolerant diatoms from lotic systems in the Jacuí basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia, Ser. Bot.*, Porto Alegre, 47:45-72.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M & Bender, E.P.** 2002. Utilização das algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica de Guaíba, RS, Brasil. 1 ed. Santa Cruz do Sul: Edunisc. 127p.
- Lobo, E.A.; Salomoni, S.; Rocha, O. & Callegaro, V.L.** 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia (The Hague)*, Hague 559: 233-246.
- Lopes, M.R.M., Bicudo, C.E.M. & Ferragut, C.** 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Hydrobiologia* 542:235-247 pp.
- Lowe, R.L.** 1974. Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms. National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio. 333p.
- Luz, R.A. & Ummus, M.E.** 2009 . Relevô, hidrografia e solos da Reserva Florestal do Morro Grande (Sistema Alto Cotia) e evolução geomorfológica do Planalto de Ibiúna. *Revista DAE*, v. 181, 10-20 pp.
- Mackereth, F.J. H., Heron, J. & Talling, J.F.** 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Cumbria: Freshwater Biological. Ed. Wilson, Son Ltda, Kendall. 117p. (Association Scientific Publication, 36).
- Magurran, A.E.** 2004. Measuring Biological Diversity. United Kingdom: Blackwell Publishing. 256 p.
- Marengo, J.A.** 2008. Águas e mudanças climáticas. *Estudos Avançados (Dossiê Água)* 22(63): 83-96.
- McCune, B.M.J & Mefford, M.J.** 2011. PC-ORD Multivariate analysis of ecological data. Version 6.0 MJM. Software design, Oregon.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H.** 1998. Tropical Diatoms of South America I. About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. In *Iconographia Diatomologica*. Annotated diatom micrographs. (H. Lange-Bertalot, ed.). Koeltz Scientific Books, Stuttgart, v. 5, 695 p
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H.** 2007. Tropical Diatoms of South America. *Iconografia Diatomologica*. H. Lange-Bertalot, ed.). Koeltz Scientific Books, Stuttgart, v. 18: 877p.

- Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H. & Garcia-Rodriguez, F.** 2005. Diatoms of Uruguay. Iconografia Diatomologica H. Lange-Bertalot, ed.). Koeltz Scientific Books, Stuttgart, v. 15: 736 p.
- Metzger, J.P., Alves, L.F., Goulart, W., Teixeira, A.M. de G., Simões, S.J.C. & Catharino, E.L.M.** 2006b. Uma área de relevante interesse biológico, porém pouco conhecida: a Reserva Florestal do Morro Grande. Biota Neotropica, vol. 6, n. 2. Disponível em: <http://www.biota.neotropica.org.br>, 33 p.
- Metzger, J.P., Alves, L.F., Pardini, R., Dixo, M., Nogueira, A. do A., Negrão, M. de F.F.; Martensen, A. C. & Catharino, E.L.M.** 2006a. Características ecológicas e implicações para a conservação da Reserva Florestal do Morro grande. Biota Neotropica, vol. 6, n. 2. Disponível em: <http://www.biota.neotropica.org.br>, 13 p.
- Meyers, P.A.** 2003. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. Org Geochem 34:261-289.
- Moro, R.S. & Fürstenberger, C.B.** 1997. Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Ponta Grossa: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 282 p.
- Mozeto, A.A.** 2004. Sedimentos e particulados lacustres: amostragem e análises biogeoquímicas. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (orgs.) Amostragem em Limnologia. São Carlos: RIMA Editora. p. 295-341.
- Nascimento, M.R.L.** 2003. Proposição de valores de referência para concentração de metais e metalóides em sedimentos límnicos e fluviais da Bacia hidrográfica do Rio Tietê, SP. Tese do Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, 111p.
- Nogueira, M. G., R. Henry & Maricatto, F. E.** 1999. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. Lakes Reservoirs: Res. Manage. 4: 107–120p.
- Oliveira, C.E.S. de.** 2011. Avaliação da composição isotópica do chumbo e da distribuição elementar nos sedimentos da represa Pedro Beicht, Cotia, São Paulo. Dissertação de Mestrado Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 159 p.
- Pappas, J.L. & Stoermer, E.F.** 1996. Quantitative method for determining a representative algal sample count. J. Phycol. 32, 393-696.
- Pielou, E.C.** 1984. The Interpretation of Ecological Data. New York: John Willey and Sons. 263 p.
- Pouličkova, A., Duchoslav, M. & Dokulil, M.** 2004. Littoral diatom assemblages as bioindicators of lake trophic status: a case study from perialpine lakes in Austria. Eur. J. Phycol. 39: 143-152.
- Räsänen, M.** 1986. Recent sedimentation in a freshwater reservoir in SW-Finland: the diatomological and chemical evidence of sediments on the development of the water body. Hydrobiologia 143: 361-369.
- Raupp, S.V., Torgan, L.C. & Baptista, L.R.M.** 2006. Composição e variação temporal de diatomáceas (Bacillariophyta) no plâncton da represa Canastra, sul do Brasil. Iheringia, Série Botânica 61: 105-138.

- Rebouças, A.C.** 1999. Água doce no mundo e no Brasil. In: Rebouças, A.C., Braga, B. & Tundisi, J.G. (orgs.). Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora. p. 1-37.
- Revista Biota Neotropica.** 2006. Volume 6 (2) Seção especial “Morro Grande” disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/>
- Ribeiro, W.C.** 2008. Geografia Política da Água. São Paulo: Annablume, 162p.
- Rodrigues, L.M. & Lobo, E.A.** 2000. Análise da estrutura de comunidades de diatomáceas epilíticas no arroio Sampaio, município de Mato Leitão, RS, Brasil. Caderno de Pesquisas, Ser. Bot. 12: 5-27.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G.** 1990. The diatoms. Biology & morphology of the genera. New York, Cambridge University Press. p. 1-129.
- Rueda, F.J., Moreno-Ostos E. & Armengol, J.** 2006. The residence time of river water in reservoirs. Ecological Modelling 191, 260-274.
- Sabesp - Serviço de Abastecimento e Esgoto do Estado de São Paulo.** 1992. Relatório Técnico de Projeto. Plano de Proteção da Reserva Florestal do Morro Grande. 197 p.
- Sabesp - Serviço de Abastecimento e Esgoto do Estado de São Paulo.** 1997. Programa de conservação do Sistema Cotia. Projeto de Reabilitação, Expansão e Conservação do Baixo Cotia. Relatórios Técnicos FBDS (Contrato 079/96-A).
- Sabesp - Serviço de Abastecimento e Esgoto do Estado de São Paulo.** 2008. Instrumentos Legais de Proteção Ambiental – Sistemas Produtores da RMSP. Unidade de Negócio de Produção de água na Metropolitana – Ma, Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos – Mar. www.sabesp.com.br
- Sabesp - Serviço de Abastecimento e Esgoto do Estado de São Paulo.** 2011. Conselhos de Desenvolvimento das Cidades, Sustentabilidade e Superior de Direito da Fecomercio: As Ações da Sabesp na Prevenção de Inundações e Perdas. www.sabesp.com.br.
- Sabesp - Serviço de Abastecimento e Esgoto do Estado de São Paulo.** 2011. Estação de Tratamento de Água Alto Cotia. Divisão de operação e manutenção Alto Cotia SABESP (Divisão ETA Cotia/MATC)
- Salomoni, S.E., Rocha, O., Callegaro, V.L. M., Lobo, E.A.** 2005. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. Hydrobiologia 1-14.
- Sartory, D.P. & Grobbelaar, J.E.** 1984. Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. Hydrobiologia 114:177-187.
- Sayer, C.D. & Roberts, N.** 2001. Establishing realistic restoration targets for nutrient-enriched shallow lakes: linking diatom ecology and paleoecology at the Attenborough Ponds, U.K. Hydrobiologia 448: 117-142.

- Schönfelder, I., Gelbrecht, J., Schönfelder, J. & Steinberg, C.E.W.** 2002. Relationship between littoral diatoms and their chemical environment in northeastern German lakes and rivers. *J. Phycol.* 38: 66-82.
- Shepherd, G.J.** 1996. Fitopac 1: manual do usuário . Departament de Botânica, UNICAMP. 95 p.
- SIGRH – Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídrico do Estado de São Paulo** (www.sigrh.sp.gov.br)
- Silva, A.M.** 2009. Diatomáceas com potencial indicador do estado trófico de dois reservatórios com diferentes padrões de trofia: Piraquara e Irai. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 158 p.
- Silva, L.F.** 2008. Distribuição longitudinal da comunidade de diatomáceas de sedimentos superficiais nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema. Dissertação de mestrado. São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo. 137 p.
- Simpson, E.H.** 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 888.
- Siver, P. & Kling, H.** 1997. Morphological observations of *Aulacoseira* using scanning electron microscopy. *Can. J. Bot.* 75: 1807 – 1835.
- Siver, P.A., Hamilton, P.B., Stachura-Suchoples, K. & Kociolek, J.P.** 2005. Diatoms of North America. The Freshwater Flora of Cape Cod. *Iconographia Diatomologica* 14:1-463.
- Smol, J.P.** 2008. Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective. 2 ed. 383p.
- Soares, A.** 2003. Qualidade da água e fluxos de nutrientes na interface sedimento-água nas represas do rio Tietê. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 86 pp.
- Solorzano, L.** 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnol. & Oceanogr.* 14: 799-801.
- Souza, M.G.M.** 2002. Variação da comunidade de diatomáceas epilíticas ao longo de um rio impactado no município de São Carlos – SP e sua relação com variáveis físicas e químicas. Tese de Doutorado. São Carlos, Universidade de São Carlos. 168 p.
- Spaulding, S. & Edlund, M.** 2008. *Aulacoseira*. In *Diatoms of the United States*. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Aulacoseira> (Acesso em: 13.03.2011).
- Spaulding, S. & Edlund, M.** 2009. *Brachysira*. In *Diatoms of the United States*. <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Brachysira> (Acesso em: 13.03.2011).
- Stoof-Leichsenring K.R., Junginger, A., Olaka, L.A., Tiedemann, R. & Trauth, M.H.** 2011. Environmental variability in Lake Naivasha, Kenya, over the last two centuries. *J Paleolimnol* 45:353–367.
- Straškraba, M. & Tundisi, J.G.** 2000. Gerenciamento da qualidade da água de represas. Diretrizes para o gerenciamento de lagos, v. 9. São Carlos : ILEC/IEE.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R.** 1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bel. Can.* 125 p.

- Taukulis, F.E. & John, J.** 2009. Development of a diatom-based transfer function for lakes and streams severely impacted by secondary salinity in the south-west region of Western Australia. *Hydrobiologia*, 626:129–143.
- Taylor, J.C., Harding, W.R. & Archibald, G.M.** 2007. An Illustrated Guide to Some Common Diatom Species from South Africa. WRC Report TT 282/07. pp. 1-224 p.
- Ter-Braak, C.J.F.** 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179.
- Torgan, L.C. & Aguiar, L.W.** 1974. Nota preliminar sobre a flora diatomológica do Guaíba - RS. In: XXV Congresso Nacional de Botânica, Mossoró, Rio Grande do Norte. Anais da Sociedade Botânica do Brasil.
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V & Torgan, L.C.,** 2012. Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species - *Fottea*, 12(2): artigo aceito.
- Tundisi, J.C.** 2008. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados (Dossiê Água) 22(63): 7-16.
- Tundisi, J.G.** 2005. A água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa. 248p. (2ª edição).
- Tundisi, J.G.** 1991. A importância do controle limnológico para o abastecimento de água. In: Seminar on Water Supply and Eutrophication, CAESB, UNEP. 73-81 pp.
- Tundisi, J.G.** 1988. Impactos Ecológicos da Construção de Represas, Aspectos Específicos e Problemas de Manejo. J.G. Tundisi (Ed.), *Limnologia e Manejo de Represas. Série Monografias em Limnologia. EESC – USP/CRHEA/ACIEP v. I, Tomo 1.*
- Tundisi, J.G & Calijuri, M. do C.** 1991. Limnologia e Perspectiva para o gerenciamento da In: Sabesp. 1992. Relatório Técnico de Projeto. Plano de Proteção da Reserva Florestal do Morro Grande. 197 p.
- Tundisi, J.G., Matsumura Tundisi T. & Galli, C.S.** 2006. Reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo: consequências e impactos da eutrofização e perspectivas para o gerenciamento e recuperação. In: Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T. & Sidagis Galli, C. (Ed.). *Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias de gerenciamento e controle.* IIE, IIEGA, ABC, IAP, Ianas, 161-82 p.
- Valderrama, G.C.** 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.* 10:109-122.
- Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J.** 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28(1): 117-133.
- Van Heurck, H.** 1899. *Traité des Diatomées.* Edité aux Frais de L'Auteur, pp. 1-572.

- Vercellino, I.M.S. & Bicudo, D.C.** 2006. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. *Revista Brasileira de Botânica* 29(3):363-377.
- Veselá, J. & Johansen, J.R.** 2009. The Diatom Flora of ephemeral headwater streams in the Elbsandsteinberbirge region of the Czech Republic. *Diatom Research* 24(2):443-477 pp.
- Vilaclara, G., Rico, R. & Miranda, J.**1997. Effects of perturbations on diatom assemblages in Tlaxcala paleolake, México. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 846-851.
- Wengrat, S. & Bicudo, D. de C.** 2011. Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil). *Acta Limnol. Bras.* vol.23, (2), 200-216 pp.
- Wengrat, S.** 2011. Biodiversidade e distribuição das diatomáceas no Complexo Billings, São Paulo: influência da compartimentalização espacial e do estado trófico. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica de São Paulo, 126p.
- Wentworth, C.K.** 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-392.
- Wetzel, C.E.** 2011. Biodiversidade e distribuição de diatomáceas (Ochrophyta, Bacillariophyceae) na bacia hidrográfica do Rio Negro, Amazonas, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 1876 p.
- Wetzel, R.G. & Likens, G.E.** 1991. *Limnological analysis*. New York: Springer Verlag. 331p.
- Wetzel, R.G.** 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Third Edn. Academic Press, San Diego, California. 1006 pp.
- Whately, M. & Cunha, P.M.** 2006. Guarapiranga 2005 Como e por que São Paulo está perdendo este manancial: resultados do diagnóstico socioambiental participativo da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga. ISA – Instituto Socioambiental, 51 p.
- Wolf, H.** 1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. *Meded. Rijks. Geol. Dienst.* 36: 95-98.
- Yang, X., Anderson, N.J. Dong, X & Shen, J.I.** 2008. Surface sediment diatom assemblages and epilimnetic total phosphorus in large, shallow lakes of the Yangtze floodplain: their relationships and implications for assessing long-term eutrophication. *Freshwater Biology* 53:1273-1290.
- Zalat, A. & Vildary, S.S.** 2007. Environmental change in Northern Egyptian Delta lakes during the late Holocene, based on diatom analysis. *Journal of Paleolimnology* 37:273–299.
- Zalat, A.A.** 2000. Distribution and paleoecological significance of fossil diatom assemblages from the Holocene sediments of Lake Manzala Egypt. *Diatom Research* 15:167–190 pp.
- Zuffo, A.C.** 1998. Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos. Tese de Doutorado, USP.

ANEXO 1

RESULTADOS DAS ANÁLISES QUANTITATIVAS DAS DIATOMÁCEAS COM
ABUNDÂNCIA $\geq 2\%$ DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E DO SEDIMENTO
SUPERFICIAL DAS REPRESAS DO SISTEMA PRODUTOR ALTO COTIA

Tabela 1. Código das espécies de diatomáceas abundantes ($\geq 2\%$) segundo OMNIDIA e o projeto temático encontradas no fitoplâncton e no sedimento superficial no Sistema Produtor Alto Cotia.

CÓDIGO	TÁXON
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen
AUGR	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen
AUHE	<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemm.) Simonsen
AUTL	<i>Aulacoseira tenella</i> (Nygaard) Simonsen
AUsp2PBEICH	<i>Aulacoseira</i> sp2PBEICH
BBRE	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross in Hartley
BNEO	<i>Brachysira neoexilis</i> Lange-Bertalot
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Souza
EBOT	<i>Eunotia botuliformis</i> Wild Norpel & Lange-Bertalot
EINC	<i>Eunotia incisa</i> Gregory
EMUC	<i>Eunotia mucophila</i> (Lange-Bert & Schempp) Lange-Bertalot
EMUT	<i>Eunotia muscicola</i> Krasske var. <i>tridentula</i> Norpel & Lange-Bertalot
ENNG	<i>Encyonema neogracila</i> Krammer
ESHU	<i>Encyonopsis schubartii</i> (Hustedt) Krammer
EVEN	<i>Eunotia veneris</i> (Kützing) De Toni
FAsp5PBEICH	<i>Fragilaria</i> sp5PBEICHT
FCRS	<i>Frustulia crassinervia</i> (Breb.) Lange-Bertalot et Krammer
NHBT	<i>Navicula herbstiae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
NHMD	<i>Navicula heimansioides</i> Lange-Bertalot
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq
STDE	<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brebisson ex Van Heurck
STCU	<i>Stenopterobia curvula</i> (W.Smith) Krammer
STRL	<i>Staurosirella</i> sp1CGRACA

Tabela 2. Abundância relativa (%) dos táxons de diatomáceas com abundância $\geq 2\%$ do fitoplâncton e do sedimento superficial no Sistema Produtor Alto Cotia.

Código	Fitoplâncton inverno							Fitoplâncton verão							Sedimento						
	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	CG1	CG2	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	CG1	CG2	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	CG1	CG2
AAMB	3.73	27.63	49.50	8.45	39.75	23.68	53.17	10.47	10.84	10.22	6.77	14.18	19.49	13.59	3.13	15.58	6.53	5.84	5.56	10.04	8.44
AUGR	47.01	30.32	20.28	35.16	28.75	18.66	21.95	40.47	22.89	34.66	8.35	32.93	20.47	33.63	8.36	9.96	6.53	5.50	10.32	7.68	7.46
AUHE	0.00	0.73	1.59	0.00	2.50	0.72	0.00	0.00	0.00	1.75	0.23	0.00	2.95	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	1.03	0.98
AUsp2PBEICH	12.94	6.60	10.34	7.76	8.25	8.37	5.61	7.67	5.78	3.24	1.58	2.16	7.87	3.56	5.37	3.46	1.87	3.44	3.77	5.61	4.89
AUTL	25.62	17.60	9.54	18.04	6.00	23.44	6.83	23.26	41.69	37.91	42.21	27.40	29.92	23.61	15.52	18.18	6.84	8.76	11.51	15.81	14.67
BBRE	0.25	0.98	0.00	1.14	0.25	2.39	0.49	0.93	0.96	0.25	1.35	1.20	2.17	2.67	4.78	3.90	9.33	8.59	7.74	1.92	2.81
BNEO	1.74	1.47	0.40	2.05	0.50	0.48	0.49	0.70	0.96	0.50	1.35	1.44	0.39	0.22	7.61	1.52	6.38	4.98	3.77	1.18	1.59
EBIL	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.23	0.24	0.25	0.90	0.00	0.00	0.00	1.34	0.22	0.31	2.41	1.39	0.00	0.00
EBOT	1.00	0.49	0.20	1.83	0.25	0.24	0.00	0.70	0.48	2.24	2.71	0.72	0.98	1.11	6.12	1.08	5.29	0.00	5.95	3.25	2.93
EINC	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	1.19	0.00	1.39	3.61	0.40	0.00	0.00
EMUC	0.00	0.24	0.00	0.00	0.50	0.48	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.67	3.28	1.73	2.02	6.70	7.74	0.59	1.71
EMUT	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	3.28	0.43	4.98	10.14	1.19	0.00	0.12
ENNG	0.00	0.73	0.20	0.91	0.00	0.72	0.24	0.00	0.24	0.00	0.23	0.24	1.57	0.00	2.24	0.65	1.56	1.20	2.38	1.62	2.08
EVEN	0.00	1.47	0.00	1.37	0.25	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.22	1.94	0.65	0.78	2.41	3.77	1.62	2.32
ESHU	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.24	0.00	0.47	0.00	0.00	1.13	0.00	0.39	0.22	1.04	1.08	2.02	2.75	0.20	0.30	1.10
FAsp5PBEICH	1.74	2.44	2.58	4.11	6.00	6.70	1.46	4.42	3.86	4.99	7.90	2.16	3.35	1.78	2.09	9.74	5.44	1.89	3.97	3.25	2.57
FCRS	0.50	1.71	1.19	3.42	1.00	2.63	1.22	1.63	0.96	0.50	3.84	1.92	1.97	2.23	7.91	6.49	6.69	9.62	7.74	1.92	2.20
NHBT	0.75	0.73	0.20	0.68	0.25	1.44	0.24	0.93	2.41	2.00	6.77	7.21	0.59	7.13	5.67	6.06	9.33	1.89	1.59	10.19	8.07
NHMD	0.75	2.44	0.80	3.65	1.50	2.15	0.73	0.70	2.65	0.25	1.58	2.16	0.79	0.00	0.00	3.68	2.33	2.75	2.78	1.77	1.71
STCU	0.25	0.00	0.20	2.74	0.25	1.20	0.00	2.09	0.24	0.00	4.06	0.00	0.39	2.23	2.39	1.95	4.04	2.92	2.18	0.59	0.12
STDE	1.49	0.24	0.60	1.37	1.25	2.39	0.24	2.09	4.82	0.25	4.51	3.37	0.79	2.00	0.00	0.43	0.62	2.92	2.18	0.44	0.37
STRL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.16	1.03	1.19	6.35	6.85
SRBA	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.14	0.00	0.00	0.17	0.00	0.44	4.65

Tabela 3. Densidade total de valvas de diatomáceas por estação de amostragem, nos períodos de inverno e verão para o fitoplâncton (valvas L⁻¹) e sedimentos superficiais (valvas gMS⁻¹) nas represas do Sistema Produtor Alto Cotia. PB: represa Pedro Beicht e CG: represa Cachoeira da Graça.

Estações de amostragem	Inverno	Verão	Sedimento
PB1	5204	1356	793
PB2	1727	1748	296
PB3	3392	4741	692
PB4	771	2765	646
PB5	2414	2244	499
CG1	1045	840	710
CG2	1545	1692	811

ANEXO 2

**DIATOMÁCEAS PLANCTÔNICAS E PRESENTES NO SEDIMENTO SUPERFICIAL
DAS REPRESAS DO SISTEMA PRODUTOR ALTO COTIA, SÃO PAULO**

Abaixo segue o enquadramento taxonômico das 23 espécies abundantes (contribuição $\geq$ 2%) da comunidade de diatomáceas planctônicas e presentes nos sedimentos das represas do Sistema Produtor Alto Cotia (represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça, SP). O enquadramento taxonômico seguiu Medlin & Kaczmariska (2004) para os táxons supra-ordinais e Round *et. al.* (1990) para os táxons subordinais, exceto para os gêneros posteriores a essa obra.

Divisão *Bacillariophyta*

Subdivisão *Coscinodiscophytina* Medlin & Kaczmariska

Classe *Coscinodiscophyceae* Round & Crawford, emend. Medlin & Kaczmariska

Ordem *Aulacoseirales* Crawford

Família *Aulacoseiraceae* Crawford

Gênero *Aulacoseira* Thwaites

Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen

A. granulata (Ehrenb.) Simonsen

A. hergozii (Lemm.) Simonsen

A. tenella (Nygaard) Simonsen

Aulacoseira sp. 2PBEICHT

Subdivisão *Bacillariophytina* Medlin & Kaczmariska

Classe *Bacillariophyceae* Haeckel, emend. Medlin & Kaczmariska

Ordem *Fragilariales* Silva

Família *Fragilariaceae* Greville

Gênero *Fragilaria* Lyngbye

Fragilaria sp.5 PBEICHT

Gênero *Staurosirella* D.M. Williams & F.E. Round

Staurosirella sp.1 CGRAÇA

Ordem *Eunotiales* Silva

Família *Eunotiaceae* Kützing

Gênero *Eunotia* Ehrenberg

Eunotia bilunaris (Ehrenberg) Souza *in* Souza & Moreira-Filho

E. botuliformis Wild Nörpel & Lange-Bertalot

E. incisa Gregory

E. mucophila (Lange-Bertalot & Nörpel-Schempp) Lange-Bertalot

E. muscicola var. *tridendula* Nörpel & Lange-Bertalot

E. veneris (Kützing) De Toni

E. mucophila (Lange-Bertalot & Nörpel-Schempp) Lange-Bertalot

E. muscicola Krasse var. *tridendula* Nörpel & Lange-Bertalot

E. veneris (Kützing) De Toni

Ordem *Cymbellales* D. G. Mann

Família *Cymbellaceae* Greville

Gênero *Encyonema* Kützing

Encyonema neogracile Krammer

Gênero *Encyonopsis*^[1] Krammer

Encyonopsis schubartii (Hustedt) Krammer

Ordem *Naviculales* Bessey

Família *Amphipleuraceae* Grunow

Gênero *Frustulia* Rabenhorst

Frustulia crassinervia (Bréb.) Lange-Bertalot

Família *Brachysiraceae* D. G. Mann

Gênero *Brachysira* Kützing

Brachysira brebissonii Ross in Hartley

B. neoexilis Lange-Bertalot

Família *Naviculaceae* Kützing

Gênero *Navicula* Bory

Navicula heimansioides Lange-Bertalot

N. herbstiae Metzeltin & Lange-Bertalot

Ordem *Surirellales* D. G. Mann

Família *Surirellaceae* Kützing

Gênero *Stenopterobia* Brébisson

Stenopterobia curvula (W. Smith) Krammer

S. delicatissima (Lewis) Brébisson ex van Heurck

Gênero *Surirella* Turpin

Surirella roba Leclercq

¹ Krammer, 1997a

Tabela 1. Presença e ausência das diatomáceas planctônicas encontradas no período de verão e inverno no Sistema Produtor Alto Cotia.

Espécies	Fitoplâncton inverno							Fitoplâncton verão						
	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	CG1	CG2	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	CG1	CG2
<i>Aulacoseira ambigua</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>A. granulata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>A. hergozii</i>	-	1	1	-	1	1	-	-	-	1	1	-	1	-
<i>A. tenella</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Aulacoseira</i> sp. 2PBEICH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Brachysira brebissonii</i>	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>B. neoexilis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>E. botuliformis</i>	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Fragilaria</i> sp. 5PBEICHT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>F. crassinervia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Navicula herbstiae</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>N. heimansioides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
<i>Stenopterobia delicatissima</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. curvula</i>	1	-	1	1	1	1	-	1	1	-	1	-	1	1
<i>Surirella roba</i>	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1

Tabela 2. Presença e ausência das diatomáceas encontradas nos sedimentos superficiais do Sistema Produtor Alto Cotia.

Espécies	Sedimento superficial						
	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	CG1	CG2
<i>Aulacoseira ambigua</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A. granulata</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A. hergozii</i>	-	1	-	-	-	1	1
<i>A. tenella</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Aulacoseira</i> sp. 2PBEICH	1	1	1	1	1	1	1
<i>Brachysira brebisonii</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>B. neoexilis</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Encyonema neogracile</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Encyonopsis schubartii</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eunotia bilunaris</i>	1	1	1	1	1	-	-
<i>E. botuliformis</i>	1	1	1	-	1	1	1
<i>E. incisa</i>	1	-	1	1	1	-	-
<i>E. mucophila</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>E. muscicola</i> var. <i>tridentula</i>	1	1	1	1	1	-	1
<i>E. veneris</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Fragilaria</i> sp. 5PBEICHT	1	1	1	1	1	1	1
<i>Frustulia crassinervia</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Navicula herbstiae</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>N. heimansioides</i>	-	1	1	1	1	1	1
<i>Staurosirella</i> sp. 1CGRACA	1	-	1	1	1	1	1
<i>Stenopterobia delicatissima</i>	-	1	1	1	1	1	1
<i>Stenopterobia curvula</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Surirella roba</i>	1	-	-	1	-	1	1

Prancha 1

Escala: 10 µm (exceto para os iconotipos).

Figuras 1-29. *Aulacoseira* Thwaites

Fig. 1. *Aulacoseira ambigua*, iconotipo Grunow.

Reproduzido em: Potapova & English (2010).

Figs 2-6. (MO) *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen

Represa Cachoeira da Graça.

Medidas: 6-9 µm diam.; 10-14 µm de altura do manto; 0,93-1 razão altura/diam.; 22-24 estrias em 10 µm.

Figs 7-11. (MO) *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen

Represa Pedro Beicht.

Medidas: 6-11 µm diam.; 10-16 µm de altura do manto; 0,69-1,6 razão altura/diam.; 24-28 estrias em 10 µm.

Figs 12-16. (MEV) *Aulacoseira granulata* (Eherenb.) Simonsen

Figs 16-18. (MO) *Aulacoseira granulata* (Eherenb.) Simonsen

Represa Cachoeira da Graça.

Medidas: 8-20 µm diam.; 12-20 µm de altura do manto; 1,2-1,6 razão altura/diam.; 6-16 estrias em 10 µm.

Figs 17-19. (MO) *Aulacoseira granulata* (Eherenb.) Simonsen

Represa Pedro Beicht.

Medidas: 9-22 µm diam.; 10-18 µm de altura do manto; 1,1-2,5 razão altura/diam.; 10-16 estrias em 10 µm.

Fig. 20. *Aulacoseira tenella*, iconotipo Nygaard

Reproduzido em: Potapova (2010).

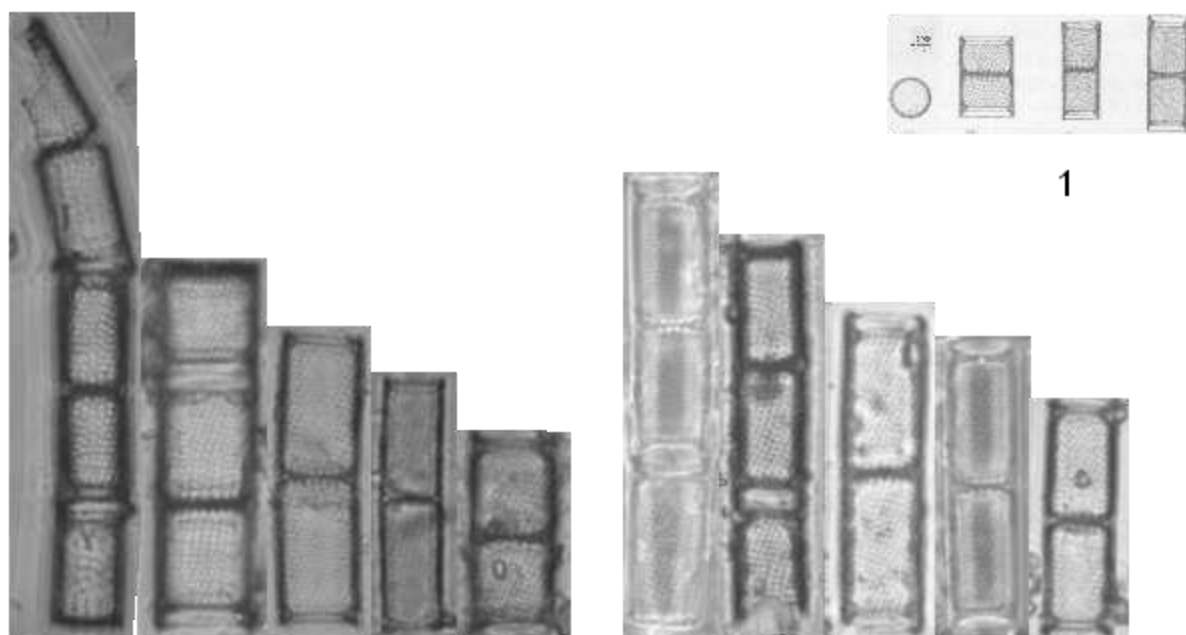
Figs 21-24. (MO) *Aulacoseira tenella* (Nygaard) Simonsen

Represa Pedro Beicht.

Medidas: 3,3-3,5 µm diam.; 3-4 µm de altura do manto; 0,5-1 razão altura/diam.; 21-23 estrias em 10 µm

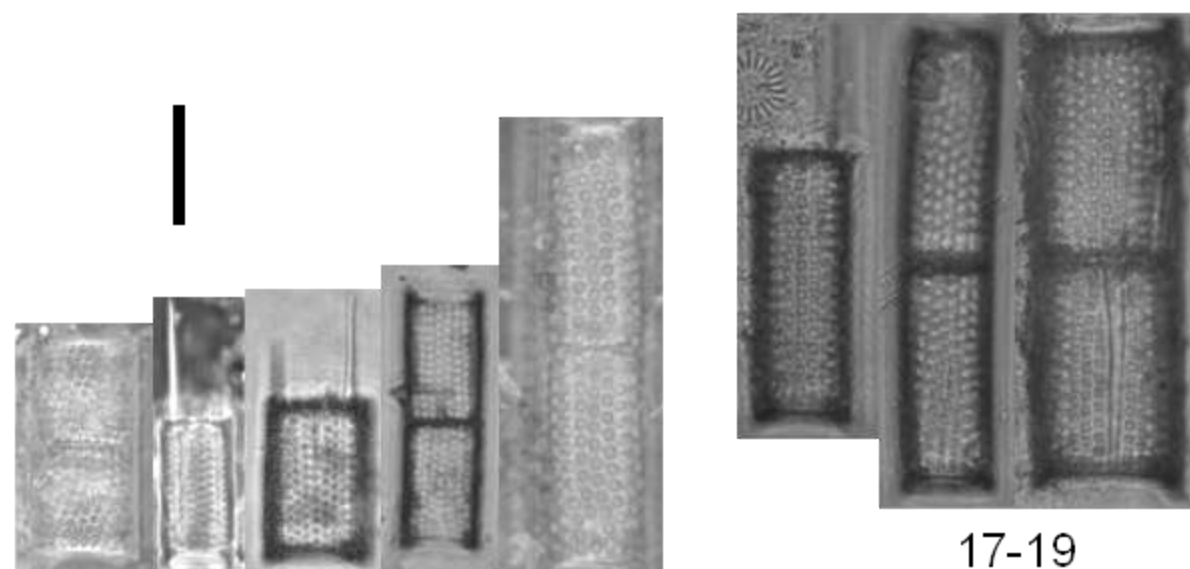
Figs 25-29. (MO) *Aulacoseira tenella* (Nygaard) Simonsen

Vista valvar.



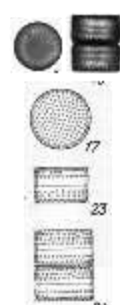
2-6

7-11



12-16

17-19



20

21-24

25-29

Prancha 2

Escala: 10 µm (exceto para os iconotipos)

Figuras 1-13 *Aulacoseira* Thwaites

Figuras 14-27 *Fragilaria* Lyngbye

Fig. 1. *Melosira herzogii*, iconotipo Lemmermann.
Reproduzido em: Potapova & English (2010b).

Figs 2-4. (MO) *Aulacoseira herzogii* (Lemmermann) Simonsen
Represa Pedro Beicht.
Medidas: 7-8 µm diam.; 14-16 µm de altura do manto; 2,18-3,71 razão altura/diam.; 30-34 estrias em 10 µm.

Figs 5-8. (MO) *Aulacoseira brasiliensis* Tremarin, Torgan et T. Ludwig
Represa Pedro Beicht.
Medidas: 12-14 µm diam.; 7-12 µm de altura do manto; 0,58-1,92 razão altura/diam.; 15-17 estrias em 10 µm.

Figs 9-13. (MO) *Aulacoseira brasiliensis* Tremarin, Torgan et T. Ludwig
Vista valvar.

Fig. 14. (MO) *Synedra rumpens* var. *fusa*, holótipo Patrick.
Reproduzido em: Kingston (2003).

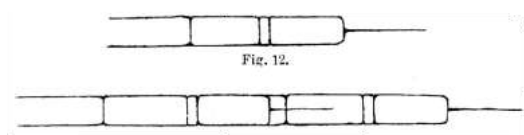
Fig. 15. (MO) *Fragilaria nanana* (Meister) Lange-Bertalot imagem do holótipo.
Reproduzido em: Krammer & Lange-Bertalot (1991)

Figs 16-27. (MO) *Fragilaria* sp.5 PBEICH
Represa Cachoeira da Graça.
Medidas: 25,5-42,7 µm comp.; 1,75-2 µm de largura; 14,8-15,6 razão comp./largura; 26 estrias em 10 µm.

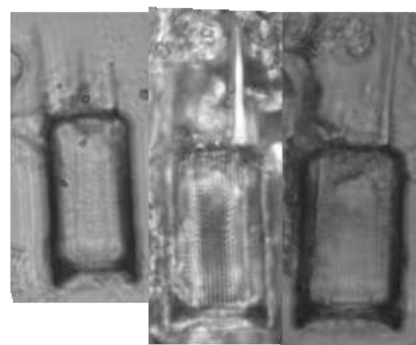
Figs 5-13. Essa é uma espécie nova recentemente descrita por Tremarin *et al.* (2012). Segundo essas autoras os indivíduos são frequentemente identificados como *A. muzzanensis* ou *A. agassizii*.

Fig. 15. *Fragilaria nanana*, é sinônimo de *Synedra nana*.

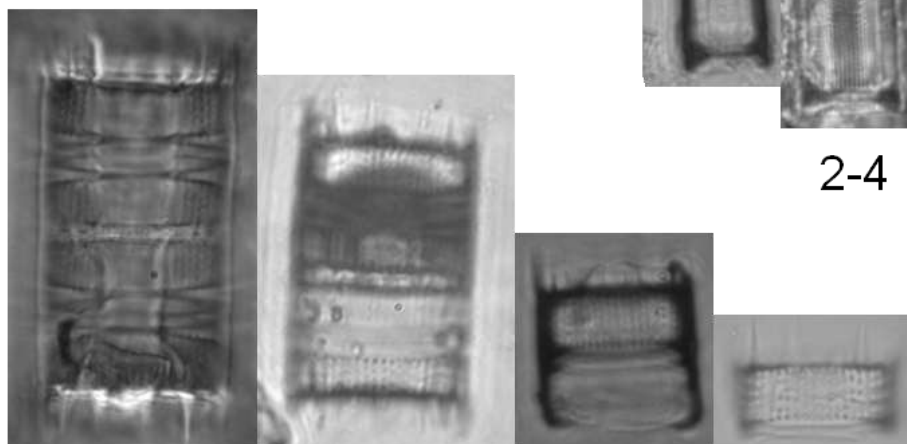
Figs 16-27. Os exemplares tem afinidade com *Synedra rumpens* var. *fusa* Patrick. Contudo, diferem da última pelo formato das extremidades, que na população do Sistema Produtor Alto Cotia, quando visível, é capitado à amplamente capitado; diferem também pela densidade e formato de estrias, que apresentaram-se mais delicadas. Na maioria dos exemplares analisados, a região central apresentou deformidades. A presente espécie também possui afinidade com *Synedra nana* Meister, especialmente quanto ao formato das valvas lanceoladas muito finas, com estrias muito delicadas, melhor visualizadas em contraste de fase. Difere desta por apresentar região central levemente inflada, embora muitas vezes, deformada, e pelo formato dos ápices que em *S. nana* apresentaram-se suavemente arredondado.



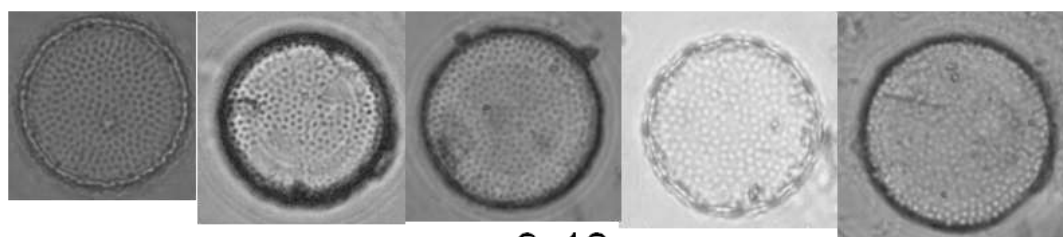
1



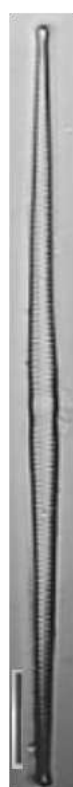
2-4



5-8



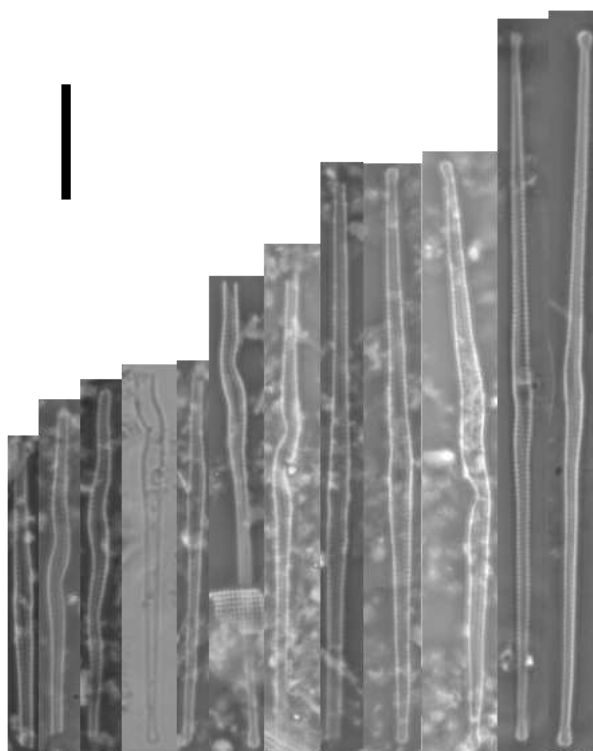
9-13



14



15



16-27

Prancha 3

Escala: 10 µm

Figuras 1-11 *Staurosirella* William & Round Figuras 12-50 *Eunotia* Eherenberg

Figs 1-10. (MO) *Staurosirella* sp.1 CGRACA

Represa Cachoeira da Graça.

Medidas: 25,5-42,7 µm comp.; 1,75-2 µm de largura; 14,8-15,6 razão comp./largura; 26 estrias em 10 µm.

Fig. 11. (MO) *Staurosirella* sp.1 CGRACA

Vista lateral.

Fig. 12. (MO) *Eunotia bilunaris* (Ehrenb.) Souza

Reproduzido em: Souza & Moreira-Filho (1999).

Figs 13-16. (MO) *Eunotia bilunaris* (Ehrenb.) Souza

Represa Pedro Beicht.

Medidas: 16-29 µm comp.; 2-3 µm de largura; 8-9,76 razão comp./largura; 22-25 estrias em 10 µm.

Figs 17-23. (MO) *Eunotia mucophila* (Lange-Bert & Schempp) Lange-Bertalot

Represa Pedro Beicht.

Medidas: 22-38 µm comp.; 2-3 µm de largura; 12,3-17 razão comp./largura; 20-24 estrias em 10 µm.

Fig. 24. (MO) *Eunotia mucophila*, holótipo Lange-Bert, Nörpel & Alles.

Reproduzido em: Alles *et al.* (1991).

Fig. 25. (MO) *Eunotia veneris*, holótipo Kützing.

Reproduzido em: Krammer & Lange-Bertalot (1991).

Figs 26-30. (MO) *Eunotia veneris* (Kützing) De Toni

Represa Pedro Beicht.

Medidas: 28-40 µm comp.; 3,7-5,3 µm de largura; 7,5-10 razão comp./largura; (9) 13-16 estrias em 10 µm.

Figs 31-36. (MO) *Eunotia incisa* Gregory

Represa Pedro Beicht.

Medidas: 23-45 µm comp.; 3-5 µm de largura; 5-7,6 razão comp./largura; 15-21 estrias em 10 µm.

Fig. 37. (MO) *Eunotia botuliformis*, holótipo Wild, Nörpel & Lange-Bertalot.

Registrado em: Lange-Bertalot (1993).

Figs 38-44. (MO) *Eunotia botuliformis* Wild, Nörpel & Lange-Bertalot

Represa Cachoeira da Graça.

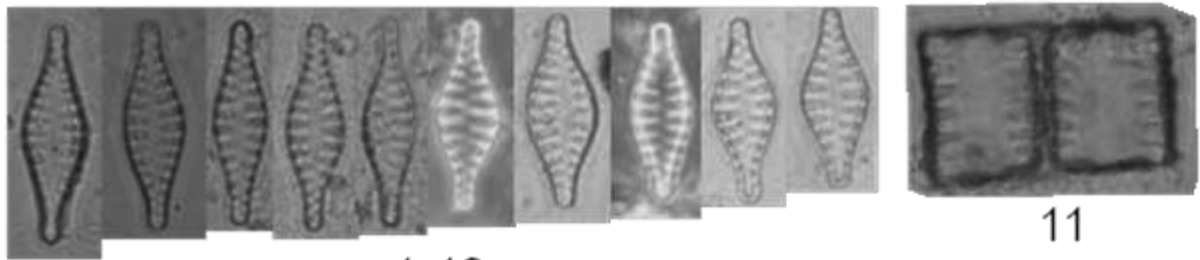
Medidas: 8-16 µm comp.; 2,7-3 µm de largura; 4-5 razão comp./largura; 17-20 estrias em 10 µm.

Figs 45-51. (MO) *Eunotia muscicola* var. *tridentula* Nörpel & Lange-Bertalot

Represa Pedro Beicht.

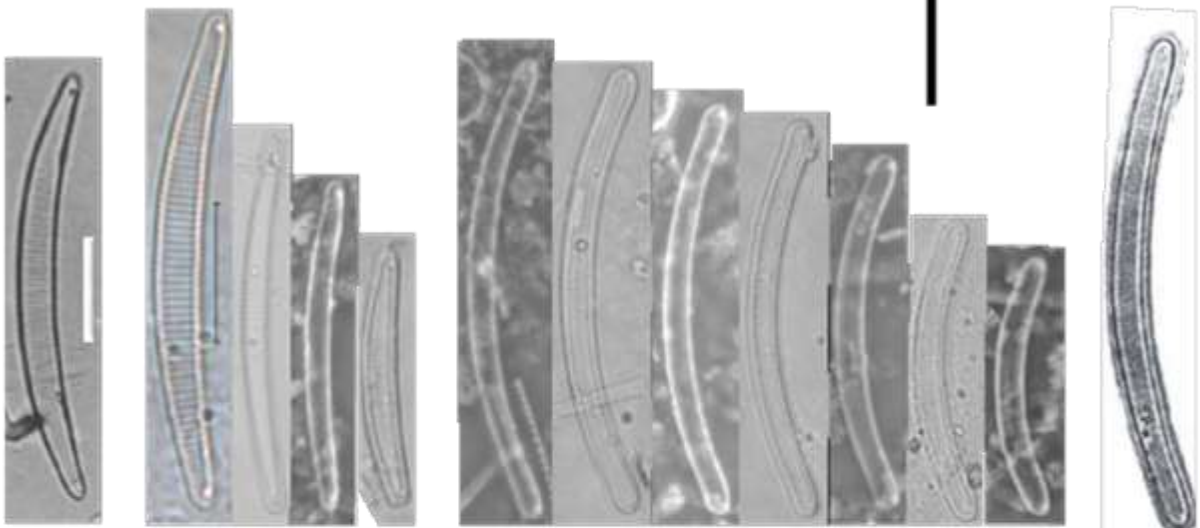
Medidas: 12-16 µm comp.; 3-3,3 µm de largura; 4-5,6 razão comp./largura; 17-20 estrias em 10 µm.

Figs 1-11. *Staurosirella* sp.1 CGRACA é uma espécie em estudo e os caracteres que identificam os táxons desse gênero não são visíveis em MO. Contudo, apresentam estrias distintas que diferem das demais espécies desse gênero. Possui afinidade com *Staurosira incerta* e *Punctastriata lancettula*, diferindo destas pela presença de maior número de estrias, estrias paralelas e pela área axial lanceolada.



1-10

11

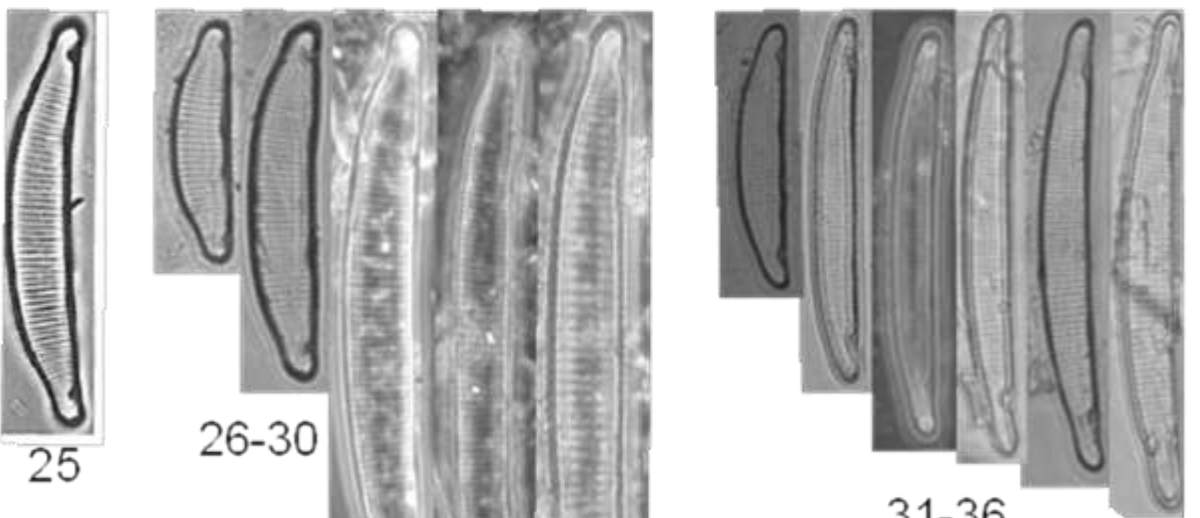


12

13-16

17-23

24



25

26-30

31-36



37

38-44

46-51

Prancha 4

Escala: 10 μm

Figuras 1-5 *Encyonopsis* Krammer

Figuras 6-11 *Encyonema* Kützing

Figuras 12-18 *Navicula* Bory

Figuras 19-23 *Frustulia* Rabenhorst

Fig. 1. (MO) *Encyonopsis* cf. *schubartii*, holótipo Husted.
Reproduzido em: Simonsen (1987).

Figs 2-5. (MO) *Encyonopsis* cf. *schubartii* (Husted) Krammer
Represa Cachoeira da Graça.
Medidas: 28-34 μm comp.; 6,2-6,3 μm de largura; 4,6-6 razão comp./largura; 9-10 estrias em 10 μm .

Fig. 6 (MO) *Encyonema neogracile*, holótipo Krammer.
Reproduzido em: Krammer (1997a)

Figs 7-11. (MO) *Encyonema neogracile* Krammer
Represa Pedro Beicht.
Medidas: 37,8-49 μm comp.; 6,3-7 μm de largura; 5,4-7 razão comp./largura; 14 estrias em 10 μm , aréolas em 10 μm : 24-26

Fig. 12. (MO) *Navicula herbstiae*, holótipo Metzeltin & Lange-Bertalot.
Reproduzido em: Metzeltin & Lange-Bertalot (1998).

Figs 13-18. (MO) *Navicula herbstiae* Metzeltin & Lange-Bertalot
Represa Pedro Beicht.
Medidas: 40-58 μm comp.; 6,3-7,2 μm de largura; 6-8 razão comp./largura; 15-17 estrias em 10 μm , aréolas em 10 μm : 20-22.

Fig. 19. (MO) *Frustulia crassinervia*, holótipo Brebissoni.
Registrado em: Lange-Bertalot & Metzeltin (1996).

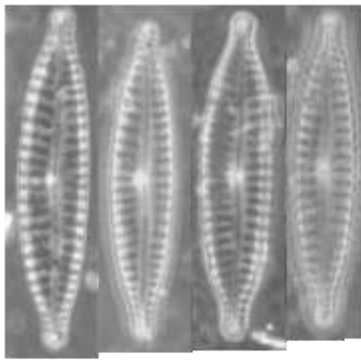
Fig. 20-23. (MO) *Frustulia crassinervia* (Breb.) Lange-Bertalot & Krammer
Represa Cachoeira da Graça.
Medidas: 41-43 μm comp.; 8,7-11 μm de largura; 4,7-5 razão comp./largura; 28 estrias longitudinais em 10 μm .

Figs 2-5. A população encontrada embora identificada como *Encyonopsis* cf. *schubartii*, apresentou medidas maiores do que as relatadas em literatura para esta espécie, principalmente em relação à razão comprimento/largura que para esta espécie o valor máximo é de 5,3. A população do Sistema Produtor Alto Cotia apresentou estrias radiadas e paralelas, e a área axial variou de linear a lanceolada. Esse mesmo padrão de estrias pode ser visualizado nos espécimes apresentado por Simonsen (1987), contudo, na revisão no material-tipo em Krammer (1997b), a população possui apenas estrias paralelas e área axial linear. Sendo este o táxon mais semelhante entre os estudados.

Figs 13-18. Em alguns espécimes da população foi possível visualizar a falha de Voight que não consta como característica diagnóstica.



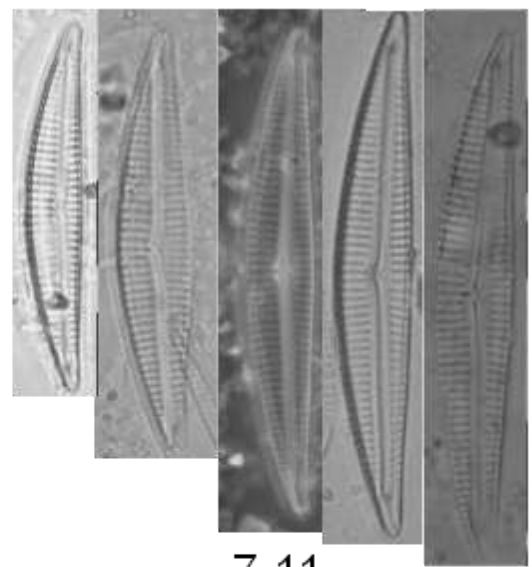
1



2-5



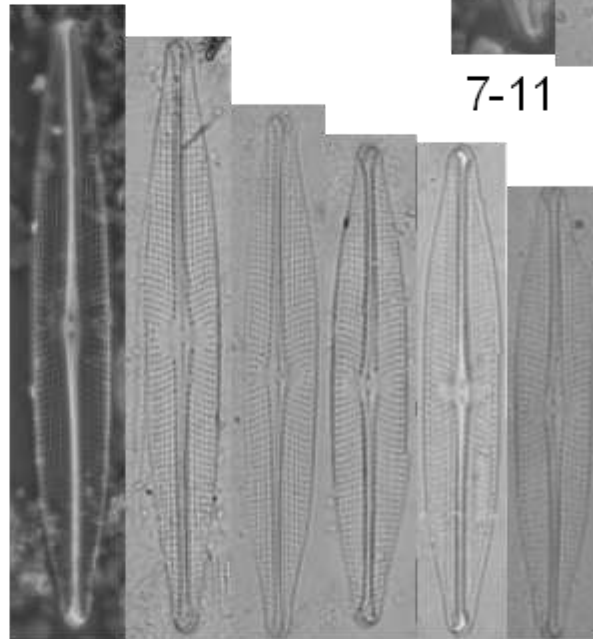
6



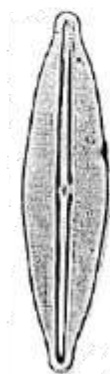
7-11



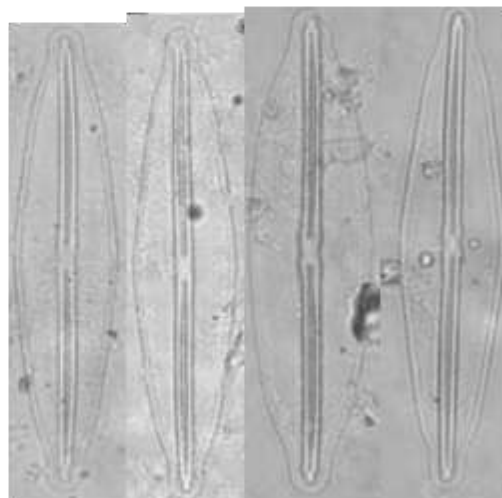
12



13-18



19



20-23

Prancha 5

Escala: 10 µm (exceto para os iconotipos)

Figuras 1-5 *Navicula* Bory

Figuras 6-19 *Brachysira* Kützing

Figuras 21-25 *Surirella* Turpin

Fig. 1. (MO) *Navicula heimansioides*, holótipo Lange-Bertalot.
Reproduzido em: Lange-Bertalot (2001).

Figs 2-5. (MO) *Navicula heimansioides* Lange-Bertalot.
Represa Pedro Beicht.
Medidas: 29-44 µm comp.; 5-6 µm de largura; 5,8-8 razão largura/diam.; 14-15 estrias em 10 µm.

Figs 6-11. (MO) *Brachysira brebissonii* Ross
Represa Pedro Beicht.
Medidas: 20-25,8 µm comp.; 5-5,7 µm de largura; 4,8-5 razão largura/diam.; 32-36 estrias em 10 µm.

Fig. 12. (MO) *Brachysira neoexilis*, holótipo Lange-Bertalot
Reproduzido em: Lange-Bertalot & Moser (1994)

Figs 13-19. (MO) *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot
Represa Pedro Beicht.
Medidas: 20-36,7 µm comp.; 4,7-5 µm de largura; 5-7 razão largura/diam.; 32-34 estrias em 10 µm.

Fig. 20. *Surirella roba*, isotipo Lerclercq.
Reproduzido em: Krammer & Lange-Bertalot (1991).

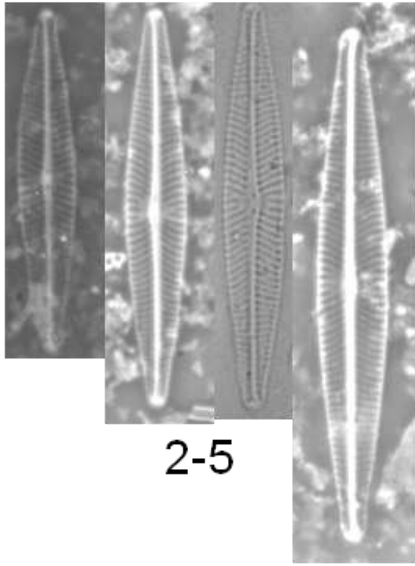
Figs 21-25. (MO) *Surirella roba* Leclercq
Represa Cachoeira da Graça.
Medidas: 32-49 µm comp.; 9-12 µm de largura; 4 razão largura/diam.; 25-33 estrias em 10 µm

Figs 2-5. *Navicula heimansioides* e *Navicula notha* são sinônimos homotípicos e representam variações morfológicas da mesma espécie. Adotou-se *N. heimansioides* por ser morfológicamente e metricamente semelhante à população apresentada por Lange-Bertalot (2001).

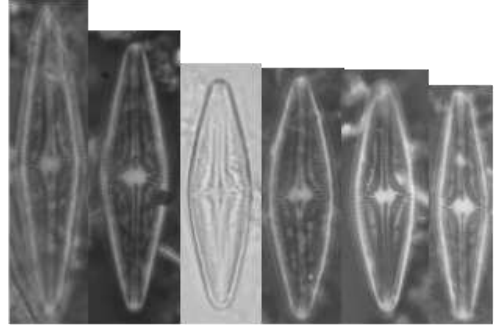
Figs 8-13. *Brachysira neoexilis* e *Brachysira microcephala* são sinônimos homotípicos. Existe ainda uma confusão nomenclatural e taxonômica sobre essas espécies, discutida por Wolfe & Kling (2001). Contudo optou-se pelo nome *B. neoexilis* pela circunscrição desta população ser semelhante à população-tipo apresentada por Lange-Bertalot & Moser (1994).



1



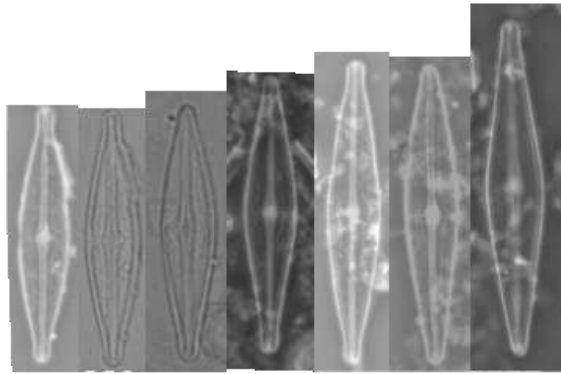
2-5



6-11



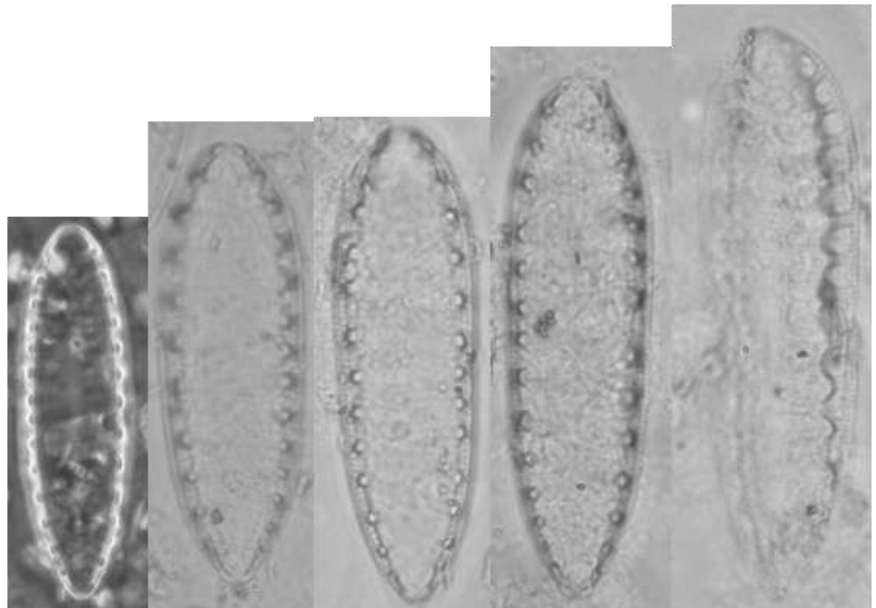
12



13-19



20



21-25

Prancha 6

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)

Figuras 1-9 *Stenopterobia* Brébissoni

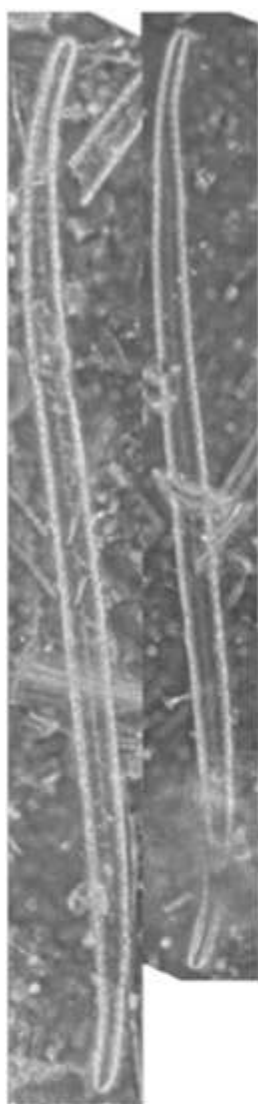
Figs 1-2. (MO) *Stenopterobia curvula* (W.Smith) Krammer (Escala 5 μm)
Represa Cachoeira da Graça.
Medidas: 158-202,1 μm comp.; 6,6-7,5 μm de largura; 10-12 projeções aliformes.

Figs 3-4. (MO) *Stenopterobia curvula* (W.Smith) Krammer (Escala 5 μm).

Figs 5. (MO) *Stenopterobia curvula*, lectotipo Smith.
Reproduzido em: Krammer & Lange-Bertalot (1991).

Fig. 6. (MO) *Stenopterobia delicatissima*, lectotipo Lewis.
Reproduzido em: Siver & Camfield (2007).

Figs 7-9. (MO) *Stenopterobia delicatissima* (Lewis) Brébisson ex van Heurck
Medidas: 62-71 μm comp.; 6,7-7,2 μm de largura.



1-2



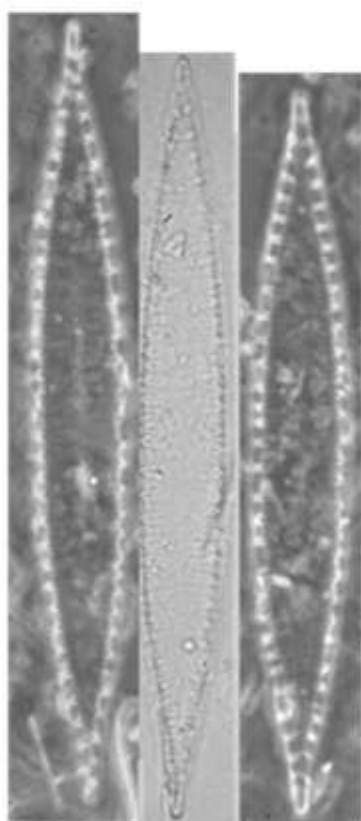
3-4



5



6



7-9

Referências bibliográficas

- Alles, E., Norpel, M. & Lange-Bertalot, H.** 1991. Zur Systematik und Ökologie charakteristischer *Eunotia*-Arten (Bacillariophyceae) in elektrolytischen Bachoberläufen. *Nova Hedwigia*, 53, 171-213.
- Hamilton, P.** 2010. *Brachysira brebissonii*. In Diatoms of the United States. Retrieved March 01, 2012, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/brachysira_brebissonii
- Kingston, J. C.** 2003. Araphid and monoraphid diatoms. In: . In Wehr, J. D. & R. G. Sheath (eds), *Freshwater Algae of North America Ecology and Classification*. Academic Press, Amsterdam: 471–509
- Krammer, K.** 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen: eine monographie der weltweit bekannten taxa. I Allgemeines und Encyonema Part.. *Bibliotheca Diatomologica* 36: 1-382.
- Krammer, K.** 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. Ein Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. Encyonema part., *Encyonopsis* and *Cymbellopsis*. *Bibliotheca Diatomologica* 37:463.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** 1991. Bacillariophyceae 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Sübwas. Mitteleuropa (H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer). G. Fischer, Stuttgart & Jena, 576.
- Lange-Bertalot, H.** 1993. 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. *Bibliot. Diatom.* 27:1-454.
- Lange-Bertalot, H. & Moser, G.** 1994. *Brachysira* Monographie der Gattung. *Bibliotheca Diatomologica* (29) 212.
- Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D.** 1996. Indicators of Oligotrophy. *Iconographia Diatomologica*, vol.2. Stuttgart, Koeltz Scientific Books 390 p.
- Lange-Bertalot, H.** 2001. Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato, Frustulia, in *Diatoms of Europe*, (2) Kőningstein: Koeltz Sci. Books. 526 pp,
- Lange-Bertalot, H., Kőlbs, K., Lauser, T., Nőrpel-Schemp, M. & Willmann, M.** 1996. Diatom Taxa introduced by Georg Krasske Documentation and Revision. *Iconographia Diatomologica*, 3: 1-358 pp.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H.** 1998. Tropical Diatoms of South America. *Iconographia Diatomologica*, 5: 1-695 pp.
- Medlin, L.K. & Kaczmarska, I.** 2004. Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision. *Phycologia*. Volume 43 (3), 245-270.
- Potapova, M.** 2010. *Aulacoseira tenella*. In *Diatoms of the United States*. Retrieved March 18, 2011, from http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/aulacoseira_tenella

- Potapova, M., and English, J.** 2010. *Aulacoseira ambigua*. In Diatoms of the United States. Retrieved March 18, 2011, from [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/Aulacoseira ambigua](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/Aulacoseira_ambigua)
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G.** 1990. The diatoms. Biology & morphology of the genera. New York, Cambridge University Press. 747 pp.
- Simonsen, R.** 1987. Atlas and Catalogue of the diatoms types of Friedrich Hustedt. J. Cramer: Berlin, Vol 1-3. pp. 1-525.
- Siver, A. P. & Camfield, L.** 2007. Studies on the diatom genus *Stenopterobia* (Bacillariophyceae) including descriptions of two new species Canadian Journal of Botany, Vol. 85, No. 9. 822-849 pp.
- Souza, M. G. M., Moreira-Filho, H.** 1999. Diatoms (Bacillariophyceae) of two aquatic macrophyte banks from Lagoa Bonita, Distrito Federal, Brazil, I: Thalassiosiraceae and Eunotiaceae. Bulletin Jard. Bot. Nat. Bel./Bulletin Natural Plantenium Belg., (67): 259-278 pp.
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V & Torgan, L.C.,** 2012. Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species - Fottea, 12(2): artigo aceito.
- Wolfe, A.P. & H.J. Kling,** 2001. A consideration of some North American soft-water Brachysira taxa and description of *B. arctoborealis* sp. nov. In: R. Jahn, J.P. Kociolek, A. Witkowski, and P. Compère: Lange-Bertalot-Festschrift: Studies on Diatoms. Koeltz, Koenigstein, 243-264 pp.