

**MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA CROMÓFORA EM CINCO ECOSISTEMAS
AQUÁTICOS: AVALIAÇÃO SAZONAL, ÓPTICA-LIMNOLÓGICA
(SISTÊMICA, INTERSISTÊMICA E POLISSISTÊMICA)**

THIAGO BENEVIDES FERNANDES

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2008

**MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA CROMÓFORA EM CINCO ECOSISTEMAS
AQUÁTICOS: AVALIAÇÃO SAZONAL, ÓPTICA-LIMNOLÓGICA
(SISTÊMICA, INTERSISTÊMICA E POLISSISTÊMICA)**

THIAGO BENEVIDES FERNANDES

“Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais”

Orientador: Prof. Dr. Paulo Pedrosa

**CAMPOS DOS GOYTACAZES
FEVEREIRO - 2008**

**MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA CROMÓFORA EM CINCO ECOSISTEMAS
AQUÁTICOS: AVALIAÇÃO SAZONAL ÓPTICA-LIMNOLÓGICA
(SISTÊMICA, INTERSISTÊMICA E POLISSISTÊMICA)**

“Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais”

Aprovada em 22 de fevereiro de 2008.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Carlos Eduardo de Rezende - UENF

Prof. Dr. Francisco Antônio Rodrigues Barbosa - UFMG

Prof^a. Dr^a. Marina Satika Suzuki - UENF

Prof. Dr. Paulo Pedrosa – UENF

Dedico este estudo a todos que moram no meu coração: a minha família, seja ela de sangue ou de sintonia.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Paulo Pedrosa por toda a ajuda e por ter depositado tamanha confiança desde o início até o final dessa jornada.

A UENF e a Capes pelo apoio financeiro.

Aos professores do LCA que contribuíram com preciosas informações para o melhoramento do trabalho realizado.

A todo corpo técnico do LCA.

Ao antigo técnico extra-quadro do Laboratório de Ciências Ambientais, Antônio Carlos Pessanha, pela grande força no campo e por estar sempre disposto a ajudar.

A todos da estação meteorológica da UFFRJ, pelos dados climatológicos e atenção dispensada.

ÍNDICE

Índice	VI
Lista de figuras	VIII
Lista de tabelas	XI
Resumo	XIII
Abstract.....	XIV
1. Introdução.....	1
1.1. Bacias hidrográficas	1
1.2. Óptica hidrológica	2
1.3. Matéria orgânica dissolvida (cromófora)	2
2. Justificativa.....	5
3. Hipótese.....	7
4. Objetivos.....	8
4.1. Geral	8
4.2. Específicos.....	8
5. Material e Métodos.....	9
5.1. Áreas de Estudo	9
5.2. Amostragem	14
5.3. Variáveis físico-químicas e processamento das amostras	15
5.4. Óptica inerente da MODC.....	15
5.5. Carbono orgânico, proteínas e carboidratos na fração dissolvida	17
5.7. C, N e P na fração particulada.....	17
5.8. Clorofila-a.....	17
5.9. Estado metabólico dos ecossistemas	18
5.10. Tratamento dos dados.....	18
6. Resultados e Discussão.....	19
6.1. Sazonalidade climática	19
6.2. Lagoa do Campelo.....	21
6.2.1. Caracterização limnológica e óptica.....	21
6.2.2. Modelo conceitual	25
6.3. Lagoa de Cima.....	28
6.3.1. Caracterização limnológica e óptica.....	28
6.3.2. Modelo conceitual	33
6.4. Lagoa de Grussaí	37
6.4.1. Caracterização limnológica e óptica.....	37
6.4.2. Modelo conceitual	41
6.5. Lagoa de Iquipari.....	44
6.5.1. Caracterização limnológica e óptica.....	44
6.5.2. Modelo conceitual	48
6.6. Rio Paraíba do Sul (RPS)	53
6.6.1. Caracterização limnológica e óptica.....	53
6.6.2. Modelo conceitual	57
6.7. Análise intersistêmica.....	61
6.7.1. Diferenças sazonais	61
6.7.2. Relação entre razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA) e \bar{a}_{MODC} (UV-B:RFA).....	62
6.7.3. Relação $S-\bar{a}_{MODC}$	64
6.7.4. Pares intersistêmicos	67

6.8. Análise polissistêmica	69
6.8.1. Relações óptica-limnológicas	69
6.8.2. Dinâmica da MODC	72
7. Conclusão	75
8. Referências Bibliográficas.....	76
9. Apêndice	86
10. Anexo	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica dos sistemas aquáticos estudados, mostrando também os pontos de amostragem: Lagoas (1) do Campelo, (2) de Cima, (3) de Grussaí, (4) de Iquipari e (5) rio Paraíba do Sul.....	13
Figura 2. Fluxograma mostrando a metodologia empregada e as análises das variáveis consideradas no presente estudo.....	14
Figura 3. Médias e desvios-padrão para as variáveis meteorológicas temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), radiação solar (W m^2) e precipitação pluviométrica (mm) nos períodos correspondentes à primavera (2003) e inverno (2005).....	19
Figura 4 -Médias mensais de precipitação pluviométrica no ano de 2005 (presente estudo) e os dez anos anteriores a este. Fonte: Posto Climatológico Dr. Leonel Miranda (UFRRJ).....	20
Figura 5. Relação entre CO_2 sat. e \bar{a}^*_{MODC} (RFA) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa do Campelo.....	25
Figura 6. Relação entre profundidade e \bar{a}^*_{MODC} (RFA) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa do Campelo.....	26
Figura 7. Relação entre COD e \bar{a}_{MODC} (RFA) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa do Campelo.....	26
Figura 8. Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa do Campelo no período úmido.....	27
Figura 9. Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa do Campelo no período seco.....	28
Figura 10. Relação entre COD e profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima.....	33
Figura 11. Relação entre profundidade e \bar{a}_{MODC} (UV) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima.....	33
Figura 12. Relação entre COD e CL-a nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima.....	34
Figura 13. Relação entre CL-a e profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima.....	34
Figura 14. Relação entre CL-a e \bar{a}_{MODC} (UV) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima	35
Figura 15. Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Cima no período úmido. A seta tracejada indica uma contribuição menos importante para a MODC.....	35
Figura 16. Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Cima no período seco.....	36
Figura 17. Relação entre CL-a e S_{UV-B} nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Grussaí.....	41

Figura 18. Relação entre MPS e \bar{a}^*_{MODC} (RFA) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Grussaí.....	42
Figura 19. Relação entre PP e \bar{a}^*_{MODC} (RFA) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Grussaí.....	42
Figura 20. Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Grussaí no período úmido.....	43
Figura 21. Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Grussaí no período seco.....	44
Figura 22. Relação entre MPS e \bar{a}_{MODC} (UV-B) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.....	48
Figura 23. Relação entre COD e \bar{a}_{MODC} (UV-B) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.....	49
Figura 24. Relação entre CO_{2sat} e \bar{a}_{MODC} (UV-B) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.....	49
Figura 25. Relação entre NP e S_{RFA} nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.....	50
Figura 26. Relação entre COP e S_{RFA} nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.....	50
Figura 27. Relação entre CL-a. e S_{RFA} nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.....	50
Figura 28. Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Iquipari no período úmido.....	51
Figura 29. Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Iquipari no período seco.....	52
Figura 30. Relação entre \bar{a}_{MODC} (RFA) e a profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) no RPS.....	57
Figura 31. Relação entre \bar{a}^*_{MODC} (RFA) e a profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) no RPS.....	57
Figura 32. Relação entre COD e profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) no RPS.....	58
Figura 33. Relação entre COD e \bar{a}_{MODC} (RFA) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) no RPS.....	58
Figura 34. Modelo conceitual para a produção de MODC no RPS no período úmido.....	59
Figura 35. Modelo conceitual para a produção de MODC no RPS no período seco.....	60
Figura 36. Razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA; UV-B:RFA) para os cinco sistemas aquáticos no período úmido.....	62
Figura 37. Mediana das razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA; UV-B:RFA), individualizadas por ecossistema para os cinco sistemas aquáticos no período úmido.....	63
Figura 38. Razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA; UV-B:RFA) para os cinco sistemas aquáticos no período seco.....	63

Figura 39. Mediana das razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA; UV-B:RFA), individualizadas por ecossistema para os cinco sistemas aquáticos no período seco.....	64
Figura 40. Relação entre os coeficientes \bar{a}_{MODC} e S na região de 300 a 650 nm, considerando-se cinco ecossistemas aquáticos estudados no período úmido (Azevedo, 2006).....	66
Figura 41. Relação entre os coeficientes \bar{a}_{MODC} e S na região de 300 a 650 nm, considerando-se cinco ecossistemas aquáticos estudados no período seco (presente estudo).....	66
Figura 42. Medianas, individualizadas por ecossistema, das razões S: \bar{a}_{MODC} (300-650 nm) no período úmido (Azevedo, 2006).....	67
Figura 43. Medianas, individualizadas por ecossistema, das razões S: \bar{a}_{MODC} (300-650 nm) no período seco (presente estudo).....	67
Figura 44. Modelo conceitual para a dinâmica da MODC nos ecossistemas aquáticos estudados no período úmido (Azevedo, 2006).....	74
Figura 45. Modelo conceitual para a dinâmica da MODC nos ecossistemas aquáticos estudados no período seco (presente estudo).....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas determinadas na Lagoa do Campelo por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	23
Tabela 2. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas determinadas na Lagoa do Campelo por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	24
Tabela 3. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas determinadas na Lagoa de Cima por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	31
Tabela 4. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas determinadas na Lagoa de Cima por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	32
Tabela 5. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas determinadas na Lagoa de Grussaí por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	39
Tabela 6. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas determinadas na Lagoa de Grussaí por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	40
Tabela 7. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas determinadas na Lagoa de Iquipari por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	46
Tabela 8. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas determinadas na Lagoa de Iquipari por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	47
Tabela 9. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas determinadas no RPS por Azevedo (2006) (úmido) e no	

presente estudo (seco).....	55
--------------------------------	----

Tabela 10. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas determinadas no RPS por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).....	56
---	----

Tabela 11. Percentual de diferenças sazonais significativas para as variáveis limnológicas e ópticas nos cinco ecossistemas considerados.....	61
--	----

Tabela 12. Medianas de P para variáveis limnológicas e ópticas como um todo e valores de P para coeficientes de variação (CVs) correspondentes aos respectivos conjuntos de variáveis no período úmido. Valores resultantes do teste HSD de Tukey.....	69
---	----

Tabela 13. Medianas de P para variáveis limnológicas e ópticas como um todo e valores de P para coeficientes de variação (CVs) correspondentes aos respectivos conjuntos de variáveis no período seco. Valores resultantes do teste HSD de Tukey.....	69
--	----

Tabela 14. Correlações de Spearman significativas ($P < 0,05$) entre variáveis ópticas e limnológicas, considerando medidas de tendência central (média ($^{\circ}$) e mediana ($^{\circ\circ}$)) para o conjunto de sistemas estudados como um todo ($n=5$), no período úmido (Azevedo, 2006). Ausência de círculo(s) indica correlação significativa tanto para média como para mediana.....	71
---	----

Tabela 15. Correlações de Spearman significativas ($P < 0,05$) entre variáveis ópticas e limnológicas, considerando medidas de tendência central (média ($^{\circ}$) e mediana ($^{\circ\circ}$)) para o conjunto de sistemas estudados como um todo ($n=5$), no período seco (presente estudo). Ausência de círculo(s) indica correlação significativa tanto para média como para mediana.....	71
--	----

RESUMO

Este estudo combina dados pretéritos (Azevedo, 2006), referentes a um período úmido, e presentes, referentes a um período seco, a fim de avaliar o comportamento sazonal das propriedades ópticas inerentes (POIs) da matéria orgânica dissolvida cromófora (MODC) de cinco ecossistemas aquáticos continentais (lagoas do Campelo, Cima, Grussaí e Iquipari, e o rio Paraíba do Sul) situados na região Norte Fluminense. Cada conjunto de dados foi baseado em 12 amostras por ecossistema ou 60 amostras como um todo. As POIs da MODC — aqui operacionalmente referidas como variáveis ópticas — foram caracterizadas via coeficientes de absorção (\bar{a}_{MODC} e \bar{a}^*_{MODC}) e de inclinação espectral (S), entre 280 e 700nm. Outras características físicas, físico-químicas, químicas e biológicas medidas nas águas naturais foram referidas como variáveis limnológicas. Foram realizadas investigações sobre relações óptica-limnológicas considerando-se análises sistêmicas, intersistêmicas e polissistêmicas. A partir destas análises, foi possível verificar comportamentos específicos, gradientes intersistêmicos e respostas polissistêmicas coletivamente convergentes, os quais subsidiaram a elaboração de modelos conceituais relacionados à dinâmica da matéria orgânica dissolvida (cromófora) nos ecossistemas estudados. Embora descritivo este estudo ilustra como a emergência de padrões óptico-limnológicos pode contribuir para a caracterização e sistematização de ecossistemas aquáticos, o que representa um potencial interesse para o monitoramento e gestão de águas naturais.

Palavras-chave: Matéria orgânica dissolvida cromófora (MODC), coeficientes ópticos \bar{a}_{MODC} , \bar{a}^*_{MODC} e S , propriedades ópticas inerentes (POIs), águas naturais, ecossistemas aquáticos continentais, variações sazonais, lagoas, rio Paraíba do Sul, região Norte Fluminense.

ABSTRACT

By combining previous (Azevedo, 2006) and present data sets, respectively, from wet and dry periods, this study evaluates the seasonal behavior of the inherent optical properties (IOPs) of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in five aquatic ecosystems situated in the north of Rio de Janeiro State. Each seasonal data set included 12 samples per ecosystem or 60 samples as a whole. The IOPs of CDOM – here operationally referred as optical variables – were characterized through absorption (\bar{a}_{MODC} e \bar{a}^*_{MODC}) and spectral slope coefficients (S), at the 280-700 nm spectral range. The natural waters were also characterized for other physical, physical-chemical, chemical and biological variables, which were referred as limnological variables. Optical-limnological relationships were investigated and assessed through correlation analyzes of the two data sets at systemic, intersystemic and polisystemic scales. As a whole, it was possible to identifying some optical-limnological relationships showing particular, ecosystemic, responses, intersystemic gradients as well as altogether, polisystemic, convergent patterns. The obtained relationships provided some templates for building conceptual models on the dynamics of (chromophoric) dissolved organic matter in the studied ecosystems. Albeit descriptive, this study illustrates how emerging optical-limnological patterns can contribute to the characterization and systematization of aquatic ecosystems, which represents a potential interest for management and monitoring of natural waters.

Key-words: *Chromophoric dissolved organic matter (CDOM), optical coefficients \bar{a}_{MODC} , \bar{a}^*_{MODC} e S , inherent optical properties (IOPs), natural waters, inland aquatic ecosystems, seasonal variations, lakes, Paraíba do Sul River, Norte Fluminense Region.*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Bacias hidrográficas

A degradação ambiental é, atualmente, um dos maiores problemas existentes no planeta. No que se refere aos sistemas aquáticos, as águas interiores e costeiras são particularmente sensíveis e/ou vulneráveis às ações antrópicas adjacentes que levam à contaminação/poluição orgânica e inorgânica e/ou à desestruturação física dos corpos d'água (ex. assoreamentos). Esses problemas ambientais são freqüentes e notadamente observáveis em regiões de maior adensamento populacional. Assim, na região de maior densidade demográfica e a qual constitui o maior pólo econômico e industrial do país, a região Sudeste, é possível identificar inúmeras atividades antropogênicas exercendo pressão desestabilizadora nos ecossistemas aquáticos. Pode-se destacar os setores e empreendimentos industriais, agrícolas e urbanos com toda sorte de impactos ambientais, incluindo seus subprodutos (ex. químicos, desconhecidos sintéticos, esgotos, lixos, fertilizantes, pesticidas) e instalações (ex. portuárias, cultivos, petrolíferas, mineração, cidades) que também afetam o espaço físico e, portanto, as paisagens originais (Weber *et al.*, 1998).

Considerando a multiplicidade de fontes e problemas ambientais, as bacias hidrográficas vêm sendo cada vez mais utilizadas como unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos. O desenvolvimento de projetos de conservação e recuperação de bacias hidrográficas passa pela coleta, integração e análise de grandes quantidades de dados, de natureza, origens e formas diversas (Weber *et al.*, 1998). Em particular, a obtenção de dados limnológicos torna-se um requisito de suma importância para o desenvolvimento de tais projetos. É importante mencionar que a particularidade limnológica de cada sistema aquático está intrinsecamente ligada às suas características biológicas, físicas e químicas, considerando o contexto de uma paisagem e uma história ambiental-cultural, e que a ocorrência de diversos processos biogeoquímicos se dá em diferentes escalas e hierarquias ecológicas (Pedrosa *et al.*, 2004). Esse arranjo multifatorial torna complexa a caracterização limnológica de rios, lagoas, estuários, e de corpos d'água em geral. Nesse sentido, a utilização de variáveis e parâmetros que integrem ou que expressem propriedades totais das águas

naturais vem a ser de grande utilidade para a caracterização de sistemas aquáticos.

1.2. Óptica hidrológica

A óptica estuda o comportamento da luz em um meio material qualquer. Portanto, a óptica hidrológica está relacionada com o comportamento da luz no meio aquático. No que se refere às águas naturais, as propriedades ópticas podem ser divididas em aparentes (POAs) e inerentes (POIs). Estas afetam a intensidade e a composição espectral do campo de luz subaquático através de processos de reflexão, absorção e dispersão.

As POAs de um ecossistema aquático resultam da interação entre a radiação solar e o corpo d'água. Dessa forma, as POAs são influenciadas pelas condições climáticas, hidrológicas e a situação específica da medida *in situ* (ex. profundidade, hora do dia, período do ano, albedo dos sedimentos ou dos substratos de fundo), além das propriedades ópticas inerentes (Kirk, 1992). Por sua vez, as POIs de um ecossistema aquático são afetadas pela água propriamente dita, pela matéria orgânica dissolvida cromófora (MODC), pelo fitoplâncton e pelo material particulado abiótico (Kirk, 1994). Usualmente as propriedades ópticas inerentes são determinadas em laboratório e estudadas a partir de coeficientes ópticos, como os de absorção (a), dispersão (b), atenuação (c) e de inclinação espectral (S) (Bricaud *et al.*, 1981; Kirk, 1994; Stedmon *et al.*, 2000).

1.3. Matéria orgânica dissolvida (cromófora)

A matéria orgânica dissolvida (MOD), pode ser operacionalmente definida como a fração da matéria orgânica menor que 0,2 μm , sendo constituída por uma mistura bastante heterogênea de moléculas orgânicas, variando desde moléculas pequenas e estruturalmente simples, como aminoácidos e ácidos carboxílicos, até moléculas mais complexas, como as substâncias húmicas (Thomas, 1997). A MOD apresenta um importante papel em ecossistemas aquáticos como, por exemplo, atenuando a penetração da luz e limitando a produção primária (Jones, 1998), servindo como substrato para microorganismos heterotróficos (Tranvik, 1988), ou ainda protegendo a biota da ação nociva da radiação ultravioleta (Molot *et al.* 2004).

A fração cromófora da matéria orgânica dissolvida (MODC), também denominada substância amarela, *gelbstoff* ou *gilvin* (Bricaud *et al.*, 1981; Kirk, 1994), atua, por sua vez, como o principal componente absorvedor de luz em ecossistemas aquáticos (Kowalczyk *et al.*, 2003). Essa propriedade pode, por um lado, atenuar a radiação ultravioleta nociva aos organismos, mas, por outro lado, limitar a quantidade e a qualidade de luz para organismos fotossintetizantes (Stedmon & Markager, 2001; Keith *et al.*, 2002). Do ponto de vista molecular, os cromóforos orgânicos dissolvidos em águas naturais são constituídos por uma mistura variada de polímeros aromáticos e alifáticos derivados, principalmente, da decomposição da matéria orgânica vegetal (Kirk, 1994; Stedmon *et al.* 2000; Stedmon & Markager, 2003), sendo a fração húmica a principal responsável pela absorção de luz (Strome & Miller, 1978).

As propriedades ópticas da MODC são frequentemente descritas através dos coeficientes de absorção (a_{MODC}) e de inclinação espectral (S), os quais podem ser utilizados para quantificar e caracterizar o *pool* de MODC em águas naturais (Stedmon & Markager, 2003). Sendo assim, a fração dissolvida de amostras de águas naturais tem sido utilizada para caracterizar estes coeficientes ópticos. O coeficiente a representa a absorção da MODC em um determinado comprimento de onda ou intervalo espectral. Já o coeficiente S expressa a taxa de decréscimo de absorção da MODC em função do aumento do comprimento de onda em um dado intervalo espectral (Stedmon & Markager, 2003). Este tem sido estimado através de modelos lineares logaritmizados (Battin, 1998; Del Castillo *et al.*, 1999; Ferrari, 2000; Green & Blough, 1994; Keith *et al.*, 2002), não lineares (Markager & Vincent, 2000; Stedmon & *et al.*, 2000; Stedmon & Markager, 2003), ou ainda via modelos hiperbólicos (Twardowski *et al.*, 2004).

Em ciências aquáticas, os coeficientes ópticos a_{MODC} e S têm sido utilizados com relativo sucesso no inferenciamento de fontes (autóctone e alóctone) (Stedmon & Markager, 2001), tipos (lábil e recalcitrante) (Del Castillo *et al.*, 1999), e alterações da matéria orgânica dissolvida (Waiser & Robarts, 2004; Osburn *et al.* 2001a; Andrews *et al.*, 2000; Moran *et al.*, 2000), assim como na identificação de massas de água (Stedmon & Markager, 2003; Kowalczyk *et al.*, 2003), em monitoramento de acidente ambiental (Pedrosa, 2007), e no ajuste de algoritmos aplicados a estimativas de biomassa fitoplanctônica (clorofila) via

sensoriamento remoto (Carder *et al.*, 1989; IOCCG, 2000; Keith *et al.*, 2002; Falkowski, 1994; Gin *et al.*, 2002).

Vale mencionar que as características ópticas no meio aquático podem variar sazonalmente (Morris & Hargreaves, 1997; Laurion *et al.*, 2000; Osburn *et al.*, 2001b) em função, por exemplo, da periodicidade de influxo de águas continentais, “blooms” fitoplanctônicos e, de modo associado, em função de alterações associadas ao peso molecular, aromaticidade, proporção e quantidade de cromóforos nos *pools* de MOD (Waiser & Robarts, 2004, Keith *et al.*, 2002).

Considerando o valor integrativo das POIs da MODC, o presente estudo investiga, numa escala sazonal, o comportamento funcional da MODC em cinco ecossistemas aquáticos na região Norte Fluminense.

2. JUSTIFICATIVA

Considerando que as POIs desempenham um importante papel na estrutura e funcionamento de sistemas aquáticos, este estudo pretende combinar, a partir de uma mesma base metodológica, informações presentes e pretéritas (Azevedo, 2006) sobre a óptica inerente da MODC de cinco sistemas aquáticos localizados na região Norte Fluminense (lagoas do Campelo, Cima, Grussaí, Iuquipará e rio Paraíba do Sul). Esse esforço científico, constitui-se numa primeira oportunidade para se avaliar, numa escala sazonal-intersistêmica, o comportamento funcional da MOD a partir da óptica inerente da MODC. Espera-se assim, caracterizar comparativamente a natureza e a dinâmica da MOD de ecossistemas aquáticos numa escala regional e verificar se há padrões de comportamento associativo.

Em publicação referente aos principais resultados do subprojeto de Avaliação e Ações Prioritárias para as Zonas Costeira e Marinha, o qual fez parte do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), no âmbito do Programa Nacional de Biodiversidade (PRONABIO) do Ministério do Meio Ambiente, verifica-se que as lagoas costeiras situadas na região Norte Fluminense e o rio Paraíba do Sul são classificados como áreas de extrema importância biológica. Conseqüentemente, é sugerida a definição de indicadores que sejam úteis ao monitoramento ambiental desses ecossistemas, sendo ressaltado que este tipo de ação permitirá verificar tendências de variação a médio e longo prazo (MMA, 1999).

Por sua vez, verifica-se que o número de estudos sobre as POIs de ecossistemas aquáticos é ainda incipiente no Brasil, acarretando em pouco conhecimento científico nacional sobre o assunto. Além disso, também é preocupante a ausência de estudos continuados que ofereçam uma base de conhecimento aprofundado e consistente, de longa duração, a respeito do comportamento estrutural e funcional de sistemas aquáticos específicos. Espera-se que tais tipos de estudo possam prover uma base de informação técnica aplicada à gestão e conservação de recursos hídricos. Nesse sentido, o presente estudo representa uma oportunidade para se conhecer mais sobre as POIs da MODC de águas naturais na região Norte Fluminense. A partir daí, acredita-se,

haverá uma base de dados mínimos para se propor e elaborar programas de monitoramento óptico de sistemas aquáticos na Região.

3. HIPÓTESE

Propriedades ópticas inerentes da MODC de ecossistemas aquáticos, expressas como coeficientes ópticos de absorção e de inclinação espectral, sofrem variação sazonal, com efeitos correlacionáveis às variáveis limnológicas, físicas, químicas e biológicas, e meteorológicas.

4. OBJETIVOS

4.1. Geral

Considerando uma perspectiva sazonal, realizar avaliações sistêmicas, intersistêmicas e polissistêmicas concernentes às POIs da MODC de cinco ecossistemas aquáticos localizados na região Norte Fluminense.

4.2. Específicos

Medir a_{MODC} , a^*_{MODC} , e S , a fim de verificar possíveis:

- ❖ diferenças sazonais
- ❖ relações com variáveis físicas, químicas e biogênicas do meio hídrico tais como:
 - temperatura, pH, alcalinidade e condutividade elétrica (CE);
 - profundidade (no caso do RPS, variação da quota hídrica);
 - estado trófico (clorofila – a , PP);
 - estado nutricional do fitoplâncton (razões C:N:P)
 - estado metabólico dos sistemas aquáticos (% sat. O_2 e CO_2);
 - participação de proteínas e carboidratos no COD total;
- ❖ Elaborar modelos conceituais sobre a dinâmica da matéria orgânica dissolvida (cromófora) nos ecossistemas estudados.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Áreas de Estudo

A região Norte Fluminense apresenta um clima quente e úmido, na região de baixada, e tropical e úmido nas áreas que apresentam relevo mais acidentado. A entrada de ventos úmidos, provenientes do Oceano Atlântico, através do litoral e a presença da Serra do Mar ocasiona chuvas orográficas, as quais são mais comuns na região Serrana. As médias anuais de precipitação se encontram em torno de 1300 mm, com as chuvas concentradas principalmente nos meses de primavera e verão. A região apresenta um período de estiagem, o qual ocorre nos meses de inverno se estendendo por até 2 meses, sem a definição de uma estação seca acentuada (Radambrasil, 1983). Anualmente há, portanto, um regime climático bimodal, com verões relativamente quentes e úmidos e invernos secos e frios.

Composição dos sistemas aquáticos

Por se tratar de um estudo complementar e comparativo ao realizado por Azevedo (2006), manteve-se aqui os mesmos sistemas aquáticos: lagoas de Cima, do Campelo, de Grussaí e de Iquipari, além do rio Paraíba do Sul (RPS) (Figura 1). Estes foram selecionados considerando um conjunto de fatores, tais como: importância local ou regional, heterogeneidade, distintos graus de impacto antrópico, e logística para a execução do projeto (Azevedo, 2006).

Lagoa de Cima

Situada no município de Campos dos Goytacazes, entre as coordenadas 21°45'36" e 21°47'02" S e 41°29'01" e 41°32'50" O, a Lagoa de Cima foi o sistema lêntico estudado localizado mais ao interior do continente. Com uma área superficial de aproximadamente 15 km², com largura máxima de 4 km, comprimento máximo de 7,5 km (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 2001), e profundidade média de aproximadamente 1,5m no período seco, este sistema trata-se de um sistema aberto bem caracterizado, sendo alimentado pelos rios Imbé e Urubu e drenado pelo canal Ururaí, o qual deságua na lagoa Feia. A razão entre a área da bacia de drenagem e a área da lagoa é alta (~50) e, portanto, o tempo de residência das águas é curto, com uma média anual de 30 dias. A profundidade máxima varia, tipicamente, entre 2,5 e 5 m (Pedrosa *et al.*, 1999).

A Lagoa de Cima não apresenta estratificação termal persistente devido à baixa profundidade e aos freqüentes ventos nordeste da região, mas apresenta variação espacial na concentração de nutrientes e do fitoplâncton, principalmente relacionada com a proximidade/distância do rio Imbé (Pedrosa *et al.*, 1999). O fitoplâncton é o principal responsável pela produção primária na região limnética, enquanto que nas margens ocorrem alguns bancos de macrófitas (ex. *Salvinia natans*, *Eichhornia crassipes*, *E. azurea*, *Trapa natans*, *Nymphoides humboldtianum* e *Urticularia* sp.), notadamente nas proximidades dos sistemas lóticos que alimentam e drenam a lagoa (Pedrosa *et al.*, 1999).

A lagoa é circundada por áreas de pastagem, canaviais, fragmentos de mata e adensamentos populacionais (Rezende *et al.*, 2006), além de ser utilizada pela população local como fonte de recursos pesqueiros e área de recreação (Pedrosa *et al.*, 1999). Embora o sistema tenha mostrado evidências de eutrofização nos últimos anos, tanto pelo aumento da biomassa e mudanças na comunidade fitoplanctônica, com registros de dominância da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* (Pedrosa *et al.*, 1999), quanto pelo enriquecimento de fósforo em perfis de testemunho sedimentar (Siqueira, 2006), verifica-se, também, mais recentemente, evidência de aumento da riqueza fitoplanctônica na Lagoa de Cima (César, 2006).

Lagoa do Campelo

Situada entre os rios Paraíba do Sul e Itabapoana, mais precisamente entre as coordenadas 21°37'28" e 21°41'08" S e 41°11'02" e 41°12'10" O, a lagoa do Campelo é a maior lagoa de restinga do norte do estado do Rio de Janeiro (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 2002). Disposta paralelamente à linha da costa, acompanhando a direção dos cordões arenosos, a lagoa possui uma área superficial de 10km² e profundidade média de 2m (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 2002). A área marginal da lagoa encontra-se colonizada pela macrófita *Typha dominguensis*, enquanto que o fundo da lagoa caracteriza-se pela presença de macrófitas submersas, principalmente as do gênero *Egeria* (Azevedo, 2006). Atualmente a lagoa do Campelo é circundada por áreas de brejos, pastagens e plantações de cana-de-açúcar. A lagoa sofreu profundas modificações em suas características originais em função da construção de canais, diques e comportas,

as quais acabaram por reduzir o espelho d'água levaram ao declínio da pesca local (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 2002).

Lagoa de Iquipari

A lagoa de Iquipari se localiza no município de São João da Barra, entre as coordenadas 21°44'20" e 21°48'12" S e 41°01'34" e 41°02'04" O. Trata-se de uma pequena lagoa costeira localizada sobre depósitos flúvio-marinhos do período Quaternário e circundada por áreas de pastagem e de vegetação nativa (restinga). Com um espelho d'água de aproximadamente 1,4 km² e uma extensão de cerca de 10 km, a lagoa de Iquipari pode ser dividida em 4 setores fisiográficos, de acordo com a coloração da água, comunidade de plantas dominantes e hidrogeoquímica (Suzuki *et al.*, 2002). Essa divisão é possível devido ao gradiente nas características físicas e físico-químicas observadas conforme se distância da influência marinha (região mais próxima à praia) e se caminha para o interior do continente (região com vegetação de restinga mais densa) (Suzuki *et al.* 2002). A região da lagoa mais próxima à sua barra é utilizada pela população como área de recreação, ocorrendo a prática de banho e a urbanização, torna-se cada vez mais presente no local com presença de loteamentos (PLANÁGUA – SEMADS/GTZ, 2002). Processos artificiais de abertura de barra também ocorrem no local, de forma intermitente, principalmente com o intuito de aumentar a produtividade pesqueira (Suzuki *et al.* 2002).

Lagoa de Grussaí

Localizada no município de São João da Barra, entre as coordenadas 21°41'56" e 21°45'20" S e 41°01'42" e 41°02'48" O, a lagoa de Grussaí, assim como a de Iquipari, encontra-se sobre depósitos sedimentares quaternários e foi originada a partir de processos flúvio-marinhos que acabaram isolando um dos braços do rio Paraíba do Sul (PLANÁGUA – SEMADS/GTZ, 2002). O sistema possui uma área de aproximadamente 1 km², 8 km de comprimento, 100 m de largura e uma profundidade média de aproximadamente 1,2 m. O nível da água é controlado tanto pela pluviosidade quanto pelo abastecimento através do lençol freático. A porção sul da lagoa apresenta bancos de macrófitas aquáticas tais como: *Typha dominguensis*, *Pontederia lanceolata*, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* (Suzuki *et al.*, 1998). Até a década de 50, a lagoa de Grussaí ainda

escoava parte das águas do rio Paraíba do Sul no período chuvoso, no entanto, a abertura do canal de Quitungute cortou a conexão com o rio e diminuiu o volume de água da lagoa, o que impediu a sua abertura de barra, natural, periodicamente. Este evento favoreceu a invasão do alto leito da lagoa para a agricultura e a pecuária, e no baixo leito, próximo ao mar, a lagoa sofreu um intenso processo de urbanização (PLANÁGUA – SEMADS/GTZ, 2002). Atualmente, a lagoa de Grussaí está submetida a diversas ações antropogênicas dentre as quais podemos destacar o despejo de esgoto doméstico *in natura*, principalmente na porção norte, e o processo de abertura de barra artificial promovido pela população local (Suzuki *et al.*, 1998).

Rio Paraíba do Sul (RPS)

O rio Paraíba do Sul e seus afluentes correspondem a maior bacia hidrográfica da região sudeste, com aproximadamente 55.000 Km² (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 2001). Situado entre os paralelos 20° 26' e 23° 38' e os meridianos 41° 00' e 46° 30' O (Azevedo, 2006), o RPS tem sua origem na serra da Bocaina (SP) e percorre cerca de 1.137 km até sua foz no município de São João da Barra. O sistema serve ainda como fonte de abastecimento para cerca de 14 milhões de pessoas (Costa, 2003) e ao longo do seu percurso, o rio sofre diversas ações antrópicas, tais como barragens para a formação de represas, despejo de esgoto doméstico e efluentes industriais não tratados, desmatamento da vegetação ciliar e conseqüente erosão e assoreamento. Nesse contexto, um dos impactos mais relevantes é o bombeamento realizado para o abastecimento do sistema Guandu, uma vez que a vazão captada chega a dois terços da vazão média do rio, em Barra do Pirai (cerca de 200 m³ s⁻¹) (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 2001). Segundo Costa (2003), mediante todos os problemas ambientais, o rio Paraíba do Sul tem apresentado uma redução em sua vazão de água. Na região da foz do rio, uma das mais importantes em termos de produtividade pesqueira no estado do Rio de Janeiro, há mais de 25 anos vem ocorrendo o fenômeno da retro-gradação do RPS, o que já causou o desaparecimento de mais de 500 m do Pontal de Atafona, em São João da Barra (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 2001).

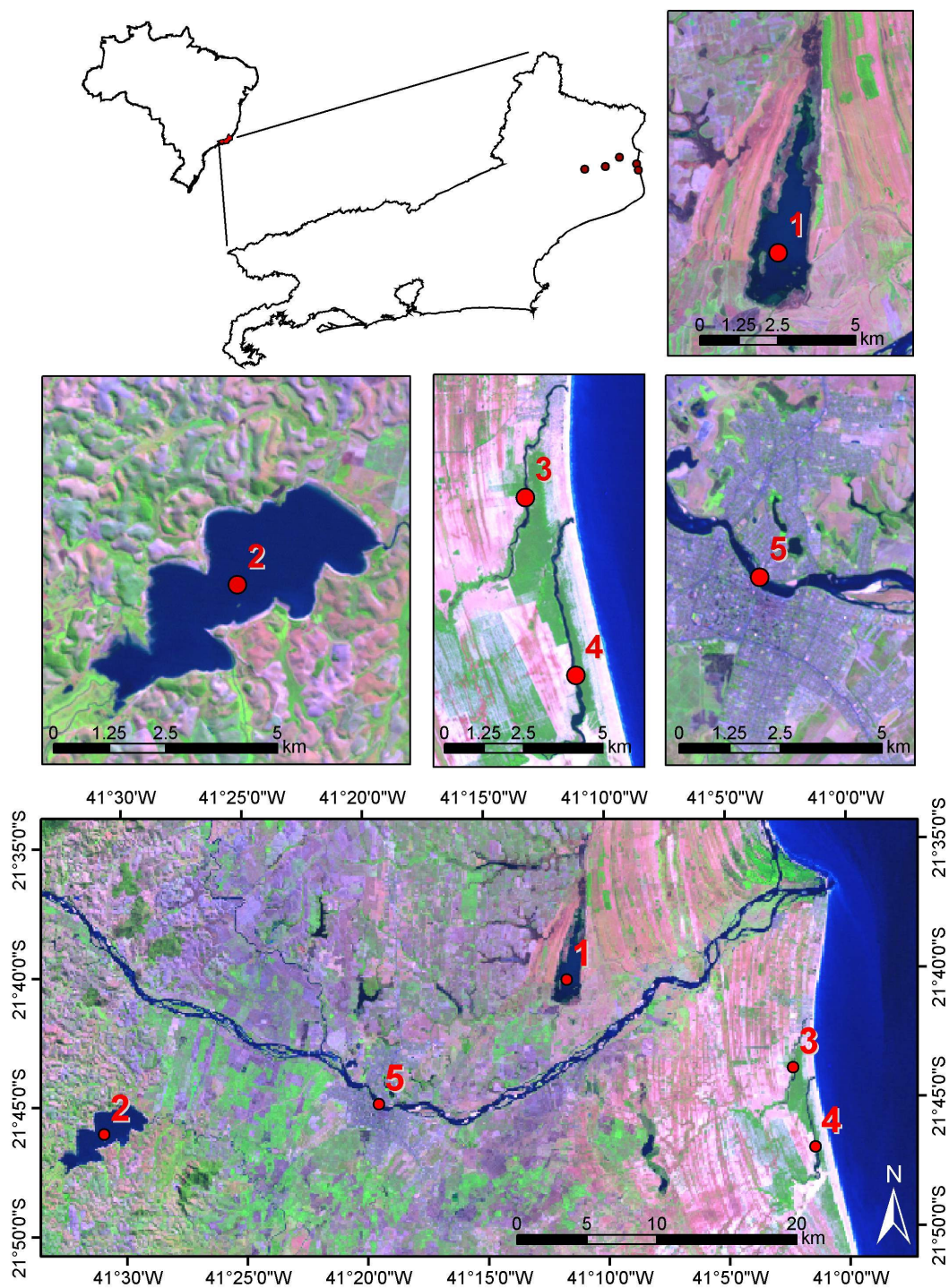


Figura 1 - Localização geográfica dos sistemas aquáticos estudados, mostrando também os pontos de amostragem: Lagoas (1) do Campelo, (2) de Cima, (3) de Grussaí, (4) de Iquipari e (5) rio Paraíba do Sul.

5.2. Amostragem

A fim de compor uma matriz de estudo sazonalmente comparável, as amostragens (localização e frequência) foram realizadas em um período seco (entre 8 de junho e 13 de setembro de 2005), seguindo, essencialmente, o mesmo protocolo utilizado por Azevedo (2006), o qual foi referido como período úmido (entre 30 de setembro e 18 de dezembro de 2003). Dessa forma, em cada sistema foram realizadas 12 coletas semanais de água subsuperficial, a 5 centímetros de profundidade. Em cada período sazonal, portanto, foram coletadas 60 amostras. As amostras, associadas à região central de cada sistema lacustre/lagunar, foram obtidas utilizando uma garrafa do tipo Van Dorn (ca. 5 litros). No caso do rio Paraíba do Sul, as amostras foram coletadas com auxílio de um balde (ca. 6 litros) em um ponto fixo sobre a ponte Barcelos Martins (Campos dos Goytacazes, RJ). As amostras coletadas foram então transferidas para garrafas de polietileno (ca. 2 litros) e conservadas em gelo até serem processadas no laboratório. Um resumo dos procedimentos operacionais e metodologias/análises empregadas neste trabalho, assim como o realizado por Azevedo (2006), é ilustrado na Figura 2.

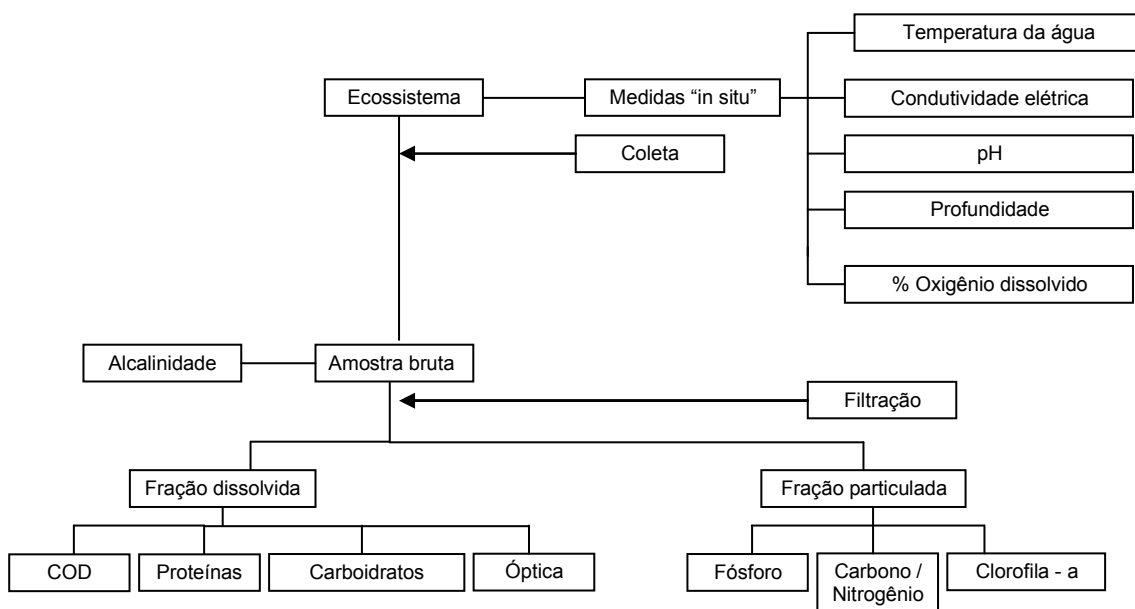


Figura 2 – Diagrama mostrando a metodologia empregada e as análises das variáveis consideradas no presente estudo.

5.3. Variáveis físico-químicas e processamento das amostras

A caracterização físico-química da água foi realizada a cada coleta, através de medidas de temperatura, condutividade elétrica (CE), pH e alcalinidade total. As três primeiras variáveis foram medidas *in situ*, utilizando equipamentos potenciométricos. A profundidade foi medida nas lagoas de Cima, Grussaí, Iquipari e Campelo. Por sua vez, no RPS foi verificado o nível hídrico anotando-se o valor associado a uma régua fixa, localizada abaixo da ponte Barcelos Martins.

No laboratório, a alcalinidade total foi determinada por acidimetria (método de Gran, 1952), usando um titulador automático (Mettler DL-21). Para o processamento das amostras, estas foram centrifugadas durante 20 min (7,2g/15°C) e filtradas, seqüencialmente, os sobrenadantes e o material particulado concentrado em um volume reduzido (1-2 mL). As filtrações foram realizadas utilizando um sistema múltiplo de filtração sob vácuo, a uma pressão menor que 0,35 atm. As frações particulada e dissolvida foram definidas em função do filtro utilizado: filtro de fibra de vidro Whatman GF/C (25 mm/1,2 µm). Ao final de cada filtração, a fração dissolvida foi transferida para frascos de polietileno (ca. 30-50 mL) e, no caso do COD, para frascos de vidro âmbar (ca. 30 mL) contendo 5 % (v/v) de ácido fosfórico 10%. Esse material foi estocado em geladeira até o momento das análises. Os filtros contendo o material particulado foram dobrados, envolvidos em papel alumínio e reunidos em sacos plásticos, sendo então estocados em freezer.

O material particulado em suspensão (MPS) foi calculado via diferenças gravimétricas entre os pesos seco final (após a filtração) e inicial (antes da filtração) dos filtros destinados às análises de carbono, nitrogênio e fósforo particulados, utilizando uma balança analítica com precisão de 0,1 mg. Os resultados foram expressos em mg.L^{-1} , após normalização dos volumes filtrados.

5.4. Óptica inerente da MODC

Medidas de absorvância foram realizadas na fração dissolvida ($< 1,2 \mu\text{m}$) das amostras de água, usando um espectrofotômetro de duplo feixe UV-Vis (Shimadzu, modelo 160-A) e cubetas de quartzo de 1 cm de caminho óptico. Os espectros de absorção integraram o intervalo entre 280 e 700 nm, incluindo, portanto, as regiões do ultravioleta B (UV-B, 280-315 nm), ultravioleta A (UV-A, 315-400 nm), ultravioleta A e B, (UV, 280-400 nm) e da radiação

fotossinteticamente ativa (RFA, 400-700 nm), sendo referenciados contra água ultra-pura Milli-Q. Os coeficientes de absorção da MODC, $a_{MODC}(\lambda)$, foram calculados de acordo com a Eq. 1.

$$a_{MODC}(\lambda) = 2,303 A_{MODC}(\lambda) l^{-1} \quad (1)$$

Onde: $a_{MODC}(\lambda)$ representa o coeficiente de absorção da MODC em um dado comprimento de onda, $A_{MODC}(\lambda)$ é a absorbância da MODC em um dado comprimento de onda e l é o passo óptico da cubeta em metros.

Os resultados foram convertidos em médias (\bar{a}_{MODC}), considerando os intervalos espectrais supracitados. Os limites de detecção (LD) do instrumento foram agrupados por faixa espectral, sendo as médias iguais a 0,307 m⁻¹ (UV), 0,389 m⁻¹ (UV-B), 0,273 m⁻¹ (UV-A) e 0,069 m⁻¹(RFA) (Azevedo, 2006). Estes foram calculados de acordo com Stedmon & Markager (2001), multiplicando-se os desvios padrão de cinco espectros de água milli-Q por um fator de dois.

Os coeficientes de inclinação espectral (S) foram, por sua vez, estimados de acordo com Stedmon *et al.* (2000) via ajuste não linear da Eq. 2, usando-se um método iterativo no programa Statistica (StatSoft, Inc. 1984-2000). Os intervalos espectrais usados foram: UV-B, UV-A, UV, RFA e um intervalo genérico entre 300-650 nm.

$$a_{MODC}(\lambda) = a_{MODC}(\lambda_0) e^{-S(\lambda_0 - \lambda)} + K \quad (2)$$

Onde: $a_{MODC}(\lambda)$ é o coeficiente de absorção da MODC em um dado comprimento de onda, S é o coeficiente de inclinação espectral que define a taxa de decréscimo de $a_{MODC}(\lambda)$ em função do aumento do λ , λ_0 e λ representam um intervalo espectral definido e K é uma constante associada a alterações de linha de base não relacionadas ou influenciadas pela matéria orgânica dissolvida (Stedmon *et al.* 2000).

Adicionalmente, para se verificar a proporcionalidade entre os coeficientes $a_{MODC}(\lambda)$ e S ao longo de cada espectro de absorção gerado, razões $a_{MODC}(\lambda)$ e S foram realizadas considerando os intervalos espectrais UV-B, UV-A e RFA.

A atividade óptica da matéria orgânica dissolvida cromófora (MODC) foi avaliada através do cálculo dos coeficientes de absorção específicos, $a^*_{MODC}(\lambda)$

($\text{m}^2 \text{g}^{-1} \text{COD}$), isto é, normalizando-se, em cada amostra, os coeficientes $a_{MODC}(\lambda)$ (m^{-1}) pela concentração de carbono orgânico dissolvido (COD) (g m^{-3}).

5.5. Carbono orgânico, proteínas e carboidratos na fração dissolvida

A determinação de COD foi feita através de um analisador de carbono orgânico total (Shimadzu TOC, 5000). Proteínas totais foram determinadas na fração dissolvida através de reação colorimétrica de íons de cobre em solução alcalina acoplada a uma redução do ácido fosfotungstico e fosfomolibdílico (reagente de Ciocalteu) pela tirosina presente nas moléculas protéicas, o que torna o método mais sensível (Lowry *et al.*, 1951). Os carboidratos solúveis também foram determinados por reação colorimétrica, a qual tem por princípio a desidratação de hexoses e pentoses em presença de ácidos minerais fortes e a condensação dos produtos dessas reações com compostos fenólicos, o que é capaz de produzir compostos coloridos (Dubois *et al.*, 1956). Toda a vidraria utilizada para essas análises foi lavada com solução sulfocrômica, seguido por HCl 10 % (~15 minutos cada) para extração/oxidação de possíveis contaminantes orgânicos.

5.7. C, N e P na fração particulada

O carbono orgânico e o nitrogênio total particulado (COP e NP) foram determinados através de um analisador CHNS/O (Perkin Elmer, modelo 2400 Series II). O fósforo nesta fração (PP) foi determinado sob a forma de ortofosfato, após digestão das amostras em tubo de vidro contendo solução de 5 ml de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 2 % por 0,5 h a 120 °C em sistema de autoclave (Hongve, 1994). A fração solúvel foi submetida a uma reação colorimétrica e a absorbância do complexo gerado, azul fosfo-molibdato, foi medida a 885 nm por espectrofotometria (Carmouze, 1994).

5.8. Clorofila-a

A clorofila-a (CL-a) total associada ao MPS foi extraída em acetona alcalina 90 %, durante 24 horas. O extrato foi centrifugado (centrífuga Baby) por 15 minutos para a separação entre o sobrenadante e o filtro macerado (“pellet”). O sobrenadante foi retirado e a CL-a determinada em espectrofotômetro (UV-Vis 160-A Shimadzu) nos comprimentos de onda de 750, 664, 647 e 630 nm a partir

das leituras de absorvância referentes à turbidez e clorofilas a, b e c, respectivamente (Arar, 1997).

5.9. Estado metabólico dos ecossistemas

Os percentuais de saturação de CO₂ e O₂ foram utilizados como indicadores de estado metabólico, heterotrófico ou autotrófico. O percentual de saturação do dióxido de carbono dissolvido (% CO_{2sat.}) foi estimado indiretamente através de algoritmos específicos, utilizando-se as medidas de alcalinidade total, pH, temperatura e força iônica, segundo o método indicado em Carmouze (1994). O percentual de saturação do oxigênio dissolvido (% O_{2sat.}) foi determinado potenciométricamente (YSI, Dissolved oxygen 55).

5.10. Tratamento dos dados

Os dados obtidos no presente estudo foram comparados com aqueles obtidos por Azevedo (2006). As variáveis estudadas foram operacionalmente divididas em ópticas e limnológicas. Foram obtidas medidas de tendência central, médias, medianas, desvios padrão e intervalos de variação através dos dados medidos ou estimados nos sistemas estudados.

Para verificar possíveis correlações entre as variáveis limnológicas, meteorológicas e ópticas, foram realizados tratamentos de correlação (correlação de Spearman). Para testar as correlações foram consideradas como significativas aquelas com valores de $p < 0,05$. Possíveis diferenças entre os sistemas e os regimes climáticos, seco (este estudo) e úmido (Azevedo, 2006) foram avaliadas através de análises de variâncias (one-way anova) e testes a posteriori (teste HSD de Tukey) e teste-U de Mann-Whitney, respectivamente.

As principais forçantes ambientais, óptica-limnológicas, identificadas a partir das pesquisas correlacionais realizadas, foram integradas para a elaboração de modelos conceituais acerca da dinâmica da MOD (cromófora).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Sazonalidade climática

As variáveis, precipitação pluviométrica, radiação solar, e temperatura do ar, obtidas junto à estação meteorológica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, indicaram valores relativamente maiores no período correspondente à primavera, confirmando a sazonalidade climática na região. Em função dos valores de precipitação pluviométrica, os períodos estudados foram operacionalmente referidos como úmido e seco (Figura 3).

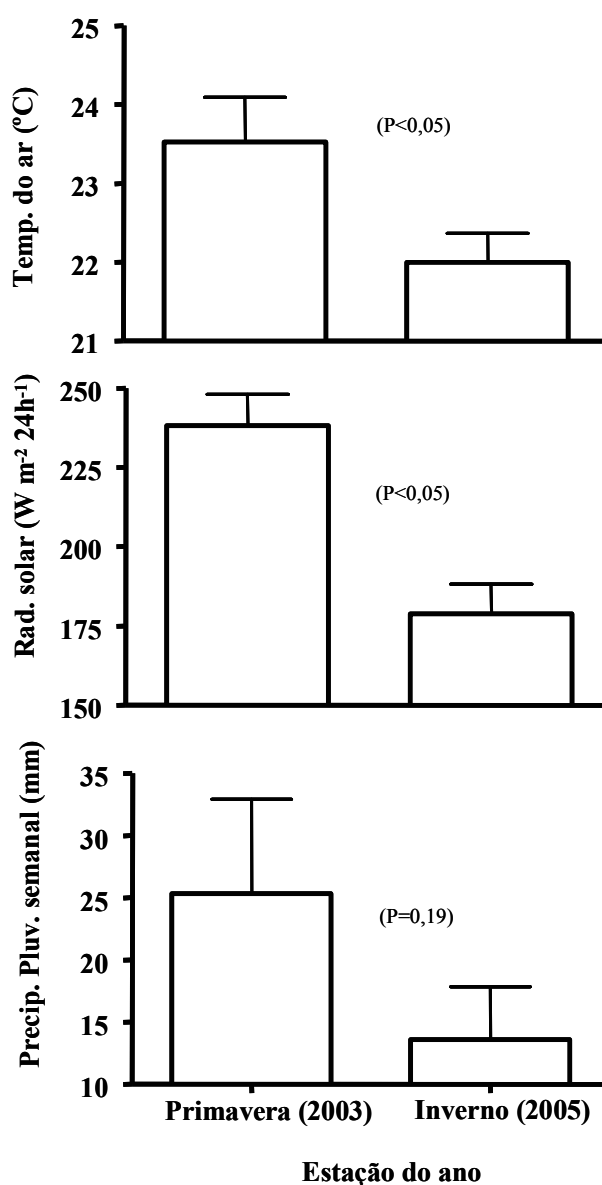


Figura 3 – Médias e desvios-padrão para as variáveis meteorológicas temperatura do ar (°C), radiação solar (W m²) e precipitação pluviométrica (mm) nos períodos correspondentes à primavera (2003) e inverno (2005). Os valores de P referentes ao Teste t são mostrados nos histogramas.

No presente estudo foram observados valores de precipitação mensal acima da média referente aos dez anos anteriores para os meses que precederam o período seco estudado (Figura 4). Tal fato pode ter contribuído para saturação do lençol freático que alimentam os ecossistemas analisados.

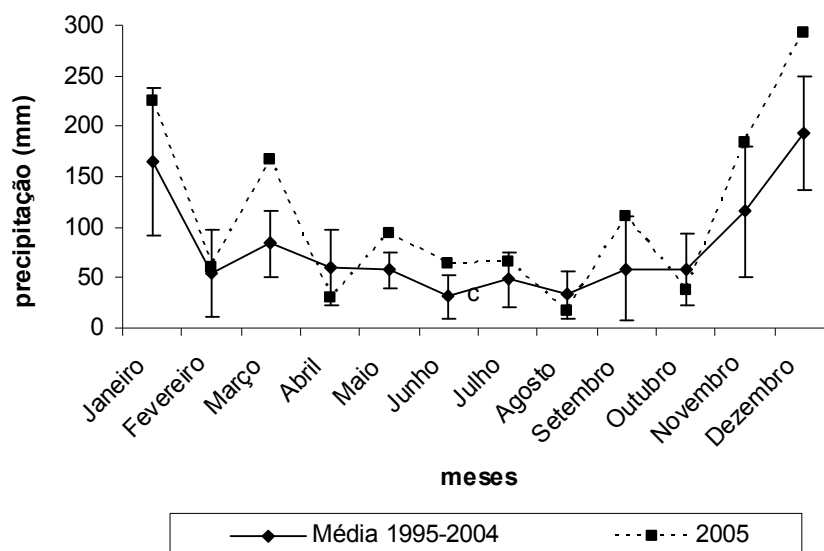


Figura 4 -Médias mensais de precipitação pluviométrica no ano de 2005 (presente estudo) e os dez anos anteriores a este. Fonte: Posto Climatológico Dr. Leonel Miranda (UFRRJ).

De modo geral, os dados reportados por Azevedo (2006) e no presente estudo representam de forma consistente os valores reportados em outros estudos nos mesmos ecossistemas: lagoas de Cima (Almeida, 1998; Pedrosa, 1999), Grussaí (Suzuki, 1997), Iquipará (Suzuki et al., 2002), Campelo (Chagas, 2005), e rio Paraíba do Sul (Figueiredo, 1999; Silva, 2000).

6.2. Lagoa do Campelo

6.2.1. Caracterização limnológica e óptica

Os valores das variáveis limnológicas e ópticas consideradas em ambos os períodos, bem como as diferenças estatisticamente significativas, são apresentadas, respectivamente, nas tabelas 1 e 2.

De um modo geral, a Lagoa do Campelo foi caracterizada por baixas profundidades, águas relativamente quentes, alcalinas, e um estado metabólico consistentemente autotrófico.

A temperatura da água foi significativamente maior no período úmido, devido às condições meteorológicas observadas nesse período. Durante o período úmido foram observados valores significativamente maiores de alcalinidade e pH, sugerindo uma importação de cátions básicos e bases carbonatadas (bicarbonatos e carbonatos) ao sistema. A presença de águas mais alcalinas no período úmido também pode ter ocorrido devido ao maior sinal autotrófico no estado metabólico da lagoa, o que foi evidenciado pelos valores de $CO_2 \text{ sat.}$ significativamente menores nesse período.

Foram observados valores relativamente altos de clorofila-a, em ambos os períodos, o que sugere uma alta biomassa fitoplanctônica nesse ecossistema. Utilizando a indexação das razões C:N:P de Healey & Hendzel (1980) para se estimar suficiência/deficiência nutricional ao crescimento fitoplanctônico, a Lagoa do Campelo, no período úmido apresentou, de forma geral, moderada deficiência de N ($14,6 > C:N > 8,3$) e severa deficiência de P ($N:P > 22$ e $C:P > 258$). No período seco, foi observada uma mudança no estado nutricional da lagoa, uma vez que a mesma apresentou menor deficiência por P, quando normalizado por C ($129 > C:P > 258$), e não apresentou deficiência por N ($C:N < 8,3$).

No que diz respeito à MODC, foram observadas diferenças significativas entre os coeficientes S_{UV-B} , com maiores valores no período úmido, indicando uma possível mudança sazonal na composição química dos compostos orgânicos cromofóricos. Também foram observados valores S_{RFA} significativamente maiores no período úmido, no entanto, devido a um baixo ajuste do modelo em relação a essa região espectral, no período seco, optou-se pela não utilização dos valores de S_{RFA} para uma comparação sazonal.

Usualmente, elevados valores de S e baixos valores de $a_{MODC}(\lambda)$ têm sido relacionados à MOD com menor atividade cromófora, tipicamente associada a

uma origem autóctone (Stedmon & Markager, 2001). Entretanto, as razões $S_{RFA}/\bar{a}_{MODC}(RFA)$, significativamente menores no período seco, podem derivar não só da entrada de MODC terrígena via recarga hidrológica de lençol freático, mas também devido a processos metabólicos autóctones, provavelmente associados a produtos heterotróficos da matéria orgânica. As menores razões $\bar{a}_{MODC}(UV-A:RFA)$, também observadas no período seco, reforçam a possibilidade da presença de moléculas orgânicas de maior peso/tamanho molecular, possivelmente mais integras ou 'novas', as quais apresentam maior atividade óptica na região espectral da RFA (De Haan, 1972; Huovinen *et al.*, 2003).

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas analisadas na Lagoa do Campelo por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
Temp. da água (oC) *	27,8 ± 1,6 (24,6 - 28,5 - 29,7)	24,3 ± 2,0 (21,6 - 24,1 - 27,4)
Profundidade (m) *	1,91 ± 0,11 (1,83 - 1,87 - 2,18)	2,05 ± 0,15 (1,80 - 2,10 - 2,30)
pH *	10,0 ± 0,3 (9,5 - 10,0 - 10,7)	9,1 ± 0,8 (7,4 - 9,2 - 10,0)
Condutividade (mS cm ⁻¹)	0,237 ± 0,045 (0,142 - 0,230 - 0,304)	0,236 ± 0,033 (0,191 - 0,231 - 0,285)
Alcalinidade (mEq L ⁻¹) *	0,903 ± 0,038 (0,601 - 0,942 - 1,12)	0,680 ± 0,011 (0,646 - 0,663 - 0,770)
O ₂ sat. (%)	124 ± 17 (95 - 124 - 160)	116 ± 22 (84 - 119 - 153)
CO ₂ sat. (%) *	1,82 ± 1,40 (0,24 - 1,52 - 4,80)	57,9 ± 134,7 (1,03 - 6,97 - 474)
MPS (mg L ⁻¹)	14,0 ± 4,0 (6,4 - 15,3 - 18,8)	14,4 ± 4,5 (10,2 - 13,1 - 25,6)
CL-a (µg L ⁻¹)	56,7 ± 17,1 (19,3 - 60,0 - 78,2)	68,1 ± 36,4 (36,3 - 58,2 - 177)
PP (µg L ⁻¹)	61,1 ± 12,7 (31,4 - 62,3 - 75)	64,9 ± 12,7 (45,1 - 63,6 - 85,4)
COP (mg L ⁻¹) *	6,37 ± 1,46 (3,01 - 6,43 - 8,23)	4,89 ± 1,57 (3,17 - 4,89 - 9,12)
NP (mg L ⁻¹)	0,802 ± 0,294 (0,470 - 0,780 - 0,980)	0,779 ± 0,135 (0,518 - 0,783 - 1,63)
C:N *	9,5 ± 0,9 (7,4 - 9,9 - 10,4)	7,2 ± 0,3 (6,53 - 7,19 - 7,73)
N:P	28,7 ± 3,8 (22,3 - 28,3 - 34,7)	27,1 ± 6,7 (21,9 - 24,9 - 46,2)
C:P *	270 ± 34 (191 - 277 - 332)	194 ± 42 (162 - 173 - 301)
COD (mg L ⁻¹)	5,64 ± 0,85 (4,06 - 5,40 - 7,22)	5,98 ± 1,73 (3,88 - 5,19 - 9,33)
C _{PRO} (mg L ⁻¹)	1,75 ± 0,38 (0,96 - 1,74 - 2,46)	2,01 ± 1,33 (0,60 - 2,11 - 4,77)
C _{CH₂O} (mg L ⁻¹)	1,51 ± 0,29 (1,02 - 1,51 - 1,93)	1,87 ± 0,73 (0,91 - 1,88 - 3,17)

* Diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas analisadas na Lagoa do Campelo por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
\bar{a}_{MODC} (UV-B) (m^{-1})	15,3 ± 1,9 (12,3 - 14,8 - 19,0)	15,1 ± 3,7 (9,33 - 14,1 - 22,4)
\bar{a}_{MODC} (UV-A) (m^{-1})	5,97 ± 1,10 (4,61 - 5,66 - 8,52)	5,86 ± 1,98 (3,92 - 5,30 - 10,6)
\bar{a}_{MODC} (UV) (m^{-1})	8,69 ± 1,31 (6,87 - 8,33 - 11,6)	8,58 ± 2,45 (5,80 - 7,88 - 14,0)
\bar{a}_{MODC} (RFA) (m^{-1})	0,76 ± 0,31 (0,286 - 0,676 - 1,28)	1,22 ± 0,96 (0,464 - 0,904 - 3,89)
\bar{a}^*_{MODC} (UV-B) ($m^2 g^{-1}$ COD)	2,79 ± 0,71 (1,99 - 2,61 - 4,67)	2,66 ± 0,55 (1,80 - 2,67 - 3,48)
\bar{a}^*_{MODC} (UV-A) ($m^2 g^{-1}$ COD)	1,10 ± 0,37 (0,744 - 0,991 - 2,10)	1,03 ± 0,21 (0,623 - 1,00 - 1,36)
\bar{a}^*_{MODC} (UV) ($m^2 g^{-1}$ COD)	1,59 ± 0,46 (1,11 - 1,46 - 2,85)	1,51 ± 0,30 (1,00 - 1,53 - 1,98)
\bar{a}^*_{MODC} (RFA) ($m^2 g^{-1}$ COD)	0,14 ± 0,07 (0,046 - 0,129 - 0,316)	0,20 ± 0,09 (0,068 - 0,178 - 0,417)
S_{UV-B} (μm^{-1}) *	26,1 ± 3,4 (18,7 - 25,8 - 31,6)	22,6 ± 3,8 (18,1 - 21,5 - 29,9)
S_{UV-A} (μm^{-1})	11,4 ± 1,8 (9,10 - 11,1 - 14,6)	11,9 ± 1,3 (5,69 - 11,4 - 14,2)
S_{UV} (μm^{-1})	18,7 ± 3,6 (14,2 - 18,5 - 28,2)	19,1 ± 3,6 (9,66 - 20,1 - 22,4)
S_{RFA} (μm^{-1})	25,6 ± 9,1 (13,8 - 22,1 - 44,5)	-
$S_{300-650}$ (μm^{-1})	17,7 ± 1,4 (15,6 - 17,6 - 20,7)	19,0 ± 2,0 (15,2 - 19,7 - 21,3)
\bar{a}_{MODC} (UV-B): \bar{a}_{MODC} (RFA)	23,7 ± 11,5 (13,4 - 19,9 - 52,8)	15,9 ± 6,1 (5,77 - 16,7 - 27,9)
\bar{a}_{MODC} (UV-A): \bar{a}_{MODC} (RFA) *	9,07 ± 4,06 (5,60 - 7,55 - 19,2)	5,84 ± 1,72 (2,72 - 6,07 - 9,16)
\bar{a}_{MODC} (UV): \bar{a}_{MODC} (RFA)	13,4 ± 6,2 (7,89 - 11,2 - 29,1)	8,78 ± 2,99 (3,6 - 9,2 - 14,7)
S_{UV-B} : \bar{a}_{MODC} (UV-B)	1,75 ± 0,36 (0,99 - 1,77 - 2,31)	1,51 ± 0,40 (0,89 - 1,58 - 2,29)
S_{UV-A} : \bar{a}_{MODC} (UV-A)	1,96 ± 0,41 (1,17 - 2,02 - 2,52)	2,12 ± 0,54 (1,14 - 2,10 - 3,18)
S_{UV} : \bar{a}_{MODC} (UV)	2,23 ± 0,70 (1,23 - 2,17 - 4,11)	2,32 ± 0,58 (1,43 - 2,21 - 3,46)
S_{RFA} : \bar{a}_{MODC} (RFA) *	43,2 ± 30,7 (13,6 - 29,8 - 114)	14,7 ± 9,4 (2,07 - 11,1 - 29,4)

* Diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

6.2.2. Modelo conceitual

De um total de 189 correlações possíveis, um máximo de 22% foi encontrado no período úmido (Anexos A, B e C) e 13% no período seco (Apêndices A, B e C), e não foram observadas correlações comuns a ambos os períodos. Esses resultados evidenciam um comportamento funcional na Lagoa do Campelo variável nos períodos analisados.

Foi possível observar uma mudança no comportamento da relação entre o coeficiente $\bar{a}^*_{MODC}(RFA)$ e o percentual de $CO_{2sat.}$. No período seco, evidenciou-se uma tendência de correlação positiva e no período úmido não houve correlação entre as duas variáveis, sugerindo uma relação entre o aumento do metabolismo heterotrófico e a produção de MOD, opticamente mais ativa, no período seco (Figura 5).

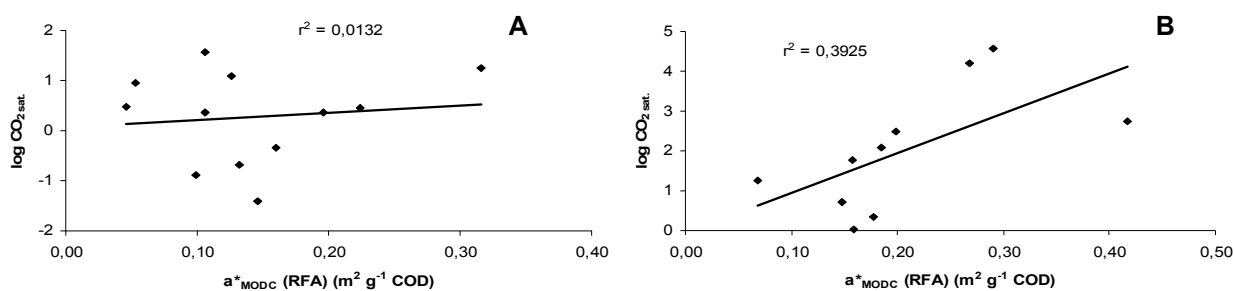


Figura 5 – Relação entre $CO_{2sat.}$ e $\bar{a}^*_{MODC}(RFA)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa do Campelo.

Também foram observadas mudanças sazonais na relação entre profundidade e $\bar{a}^*_{MODC}(RFA)$ e entre COD e $\bar{a}^*_{MODC}(RFA)$. No período úmido estas variáveis apresentaram correlação positiva e negativa, respectivamente, enquanto, no período seco, o contrário foi observado (Figuras 6 e 7).

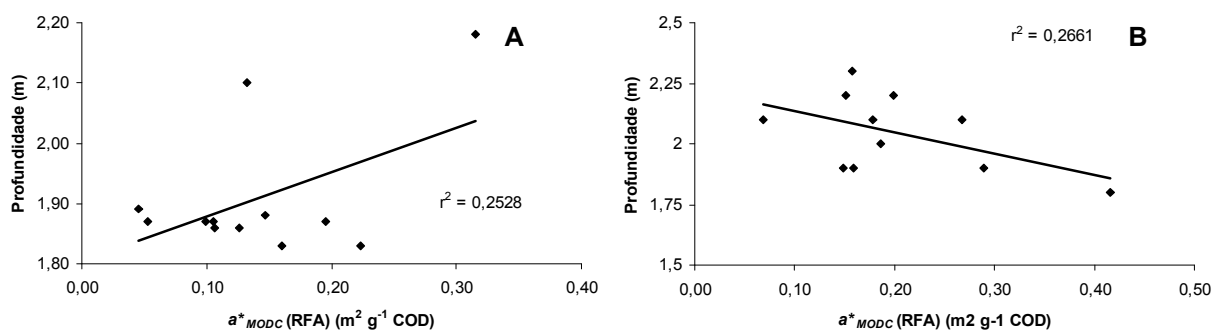


Figura 6 – Relação entre profundidade e $\bar{a}^*_{MODC}(RFA)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa do Campelo.

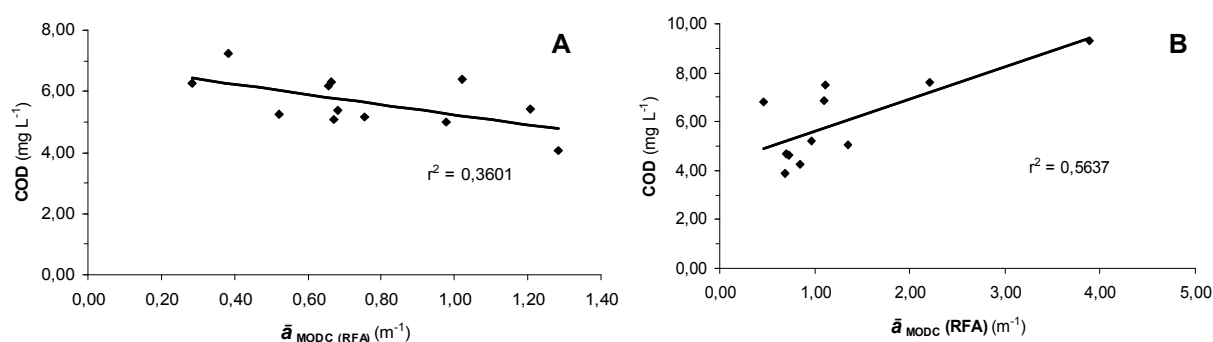


Figura 7 – Relação entre COD e $\bar{a}_{MODC}(RFA)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa do Campelo.

Assume-se que tenha havido uma maior entrada de material alóctone, de origem terrestre, o qual possui tipicamente maior atividade óptica (Figura 5-A). No entanto, o aumento do nível hídrico pode ter, também, contribuído para uma diluição da MOD na Lagoa do Campelo, nesse período (Figura 6-A).

No período seco, a diminuição do nível hídrico pareceu relacionar-se ao aumento da proporção ou a atividade óptica no *pool* cromofórico da MOD, como evidenciado pela relação negativa entre profundidade e $\bar{a}^*_{MODC}(RFA)$ (Figura 5-B). A relação positiva entre COD e $\bar{a}_{MODC}(RFA)$ (Figura 6-B), neste mesmo período, suporta a idéia de haver uma relação funcional entre a produção de MOD e cromóforos no sistema.

Período úmido

A maior precipitação pluviométrica, aumentando o aporte de nutrientes alóctones, bem como temperaturas mais elevadas e a maior radiação solar observada no período úmido, estariam contribuindo para o aumento do metabolismo autotrófico. Essa condição estaria contribuindo, de forma majoritária, para a MOD com subprodutos fotossintéticos orgânicos, os quais apresentam uma característica pouco cromófora (Figura 8), o que é reforçado pela ausência de relação funcional entre o percentual de $\text{CO}_{2\text{sat.}}$ e o coeficiente \bar{a}^*_{MODC} (RFA).

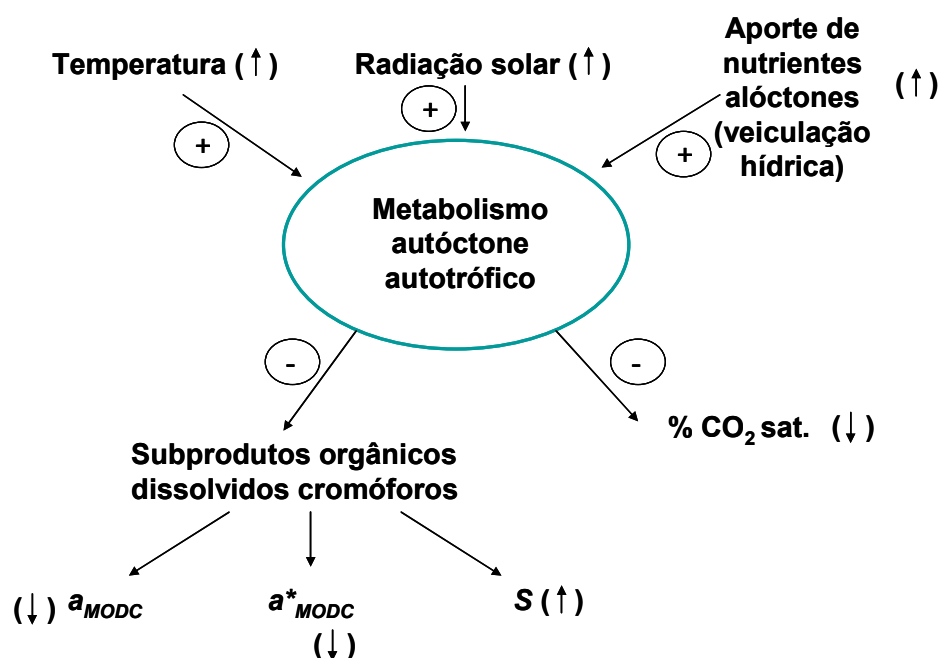


Figura 8 – Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa do Campelo (período úmido).

Período seco

A diminuição no estado metabólico autotrófico observado no período seco, possivelmente ocorreu devido às menores temperaturas, radiação solar e aporte de nutrientes alóctones. Esse fato, associado a uma provável senescência e morte da biomassa autóctone, provavelmente estaria contribuindo com um aumento de subprodutos degradativos, enriquecidos em moléculas policíclicas aromáticas, as quais apresentam maior atividade óptica na região da RFA, uma vez que a atividade de decomposição microbiana pode estar associada a produção de MODC (Sieburth & Jensen, 1967 apud Kieth et al., 2002; Shin & Lim, 1996; Nelson et al., 2004). Deste modo, a presença de MOD mais cromófora no

período seco pode ter contribuído para o aumento dos coeficientes \bar{a}_{MODC} (RFA) e \bar{a}^*_{MODC} (RFA) e diminuição do coeficiente S (Figura 9).

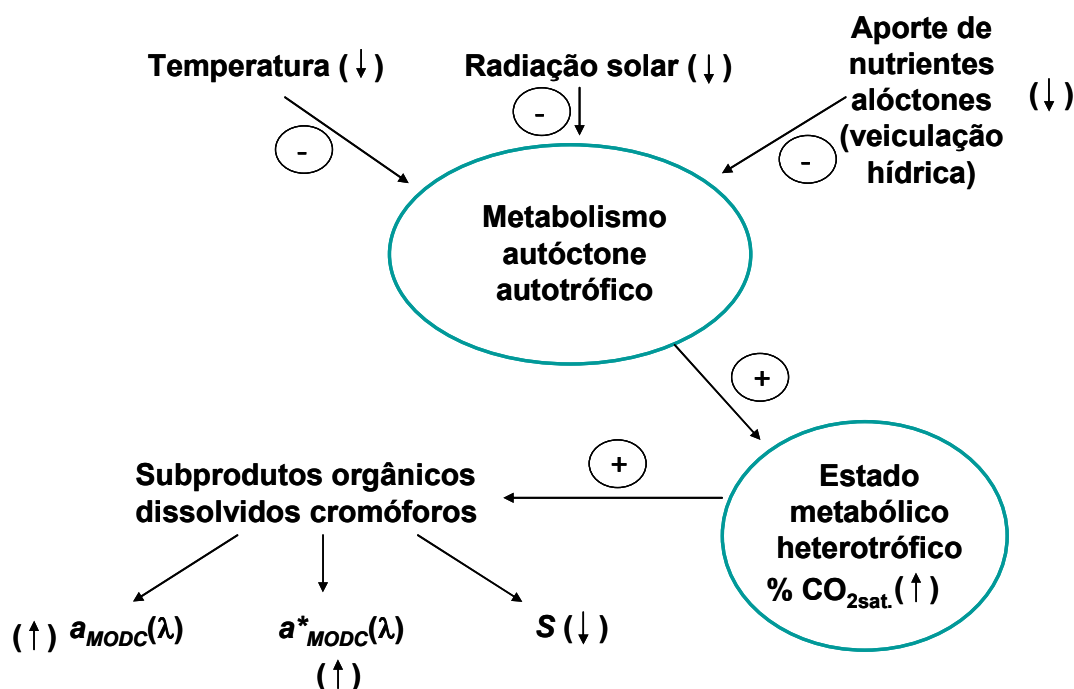


Figura 9 – Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa do Campelo (período seco).

6.3. Lagoa de Cima

6.3.1. Caracterização limnológica e óptica

A Lagoa de Cima caracterizou-se por profundidades relativamente baixas, baixa CE, valores de pH próximos à neutralidade, e um estado metabólico heterotrófico.

As temperaturas observadas na água da lagoa foram significativamente maiores durante o período úmido, evidenciando a sazonalidade climática em relação ao período seco (Tabela 3). Não foi observada diferença significativa entre as profundidades médias da lagoa nos períodos úmido e seco, apesar das diferenças observadas em relação à precipitação pluviométrica. Possivelmente, a profundidade crescente no período úmido e decrescente no período seco fez com que as médias nos dois períodos fossem relativamente próximas. Também não foram observadas diferenças significativas para os valores de pH e alcalinidade, no entanto, a CE foi significativamente menor no período seco.

Apesar dos valores de O_{2sat} significativamente maiores no período seco, não foi possível evidenciar uma mudança de estado metabólico heterotrófico para autotrófico na lagoa. Sendo assim, a ausência de diferenças significativas entre os percentuais de CO_{2sat} , sugerem a prevalência de um estado metabólico ligeiramente heterotrófico em ambos os períodos estudados.

As concentrações de MPS e, associados a essa matriz, COP, NP, PP e CL-a foram significativamente maiores durante o período úmido. É provável que essa resposta resulte não só de uma entrada direta de detritos orgânicos de origem terrestre, mas também de um processo de produção autóctone, estimulado pela entrada de nutrientes alóctones. Não obstante essa observação, as razões C:N e C:P, relativamente altas no período seco e mais claramente no período úmido, podem ser indicativas de uma moderada deficiência de N e P ao crescimento fitoplanctônico (Healey & Hendzel, 1980).

O período úmido, comparativamente ao período seco, também se caracterizou por apresentar valores de COD maiores — embora não tendo apresentado diferenças significativas, essa tendência também foi verificada para C_{PRO} e C_{CH2O} —, reforçando a sugestão de haver uma contribuição alóctone de materiais dissolvidos com o aumento da precipitação pluviométrica.

As razões C:N e C:P, relativamente altas, observadas no período seco e mais claramente no período úmido, podem ser indicativas de uma moderada deficiência de N e P ao crescimento fitoplanctônico (Healey & Hendzel, 1980).

No que se refere aos coeficientes ópticos, a Tabela 4 mostra os valores absolutos de \bar{a}_{MODC} , \bar{a}^*_{MODC} e S e relativizados em função de razões entre os mesmos. As diferenças sazonais significativas são também notificadas na mesma tabela. Para \bar{a}_{MODC} foram observados valores significativamente maiores durante o período úmido nas regiões espectrais do UV-B, UV-A e UV. Este fato parece relacionado às maiores concentrações de COD, também observadas no período úmido. A ausência de diferenças significativas entre os coeficientes \bar{a}^*_{MODC} sugere, no entanto, não terem ocorrido mudanças significativas na atividade óptica da MODC ou na proporção de cromóforos na MOD.

Por sua vez, no caso dos coeficientes S foram observadas diferenças sazonais significativas para as regiões espectrais do UV-A, UV e RFA. Os maiores valores ocorreram no período úmido, o que poderia sugerir diferenças na composição química da MODC. Entretanto, os maiores valores de S nas regiões

do UV e da RFA não sustentaram diferenças significativas em $S_{300-650}$ assim como para as razões \bar{a}_{MODC} e S/\bar{a}_{MODC} investigadas. Desse modo, pode-se inferir que, aparentemente, as mudanças observadas em S foram homogeneamente distribuídas ao longo do espectro, ou, alternativamente, não foram suficientemente significativas para se sugerir alterações de tamanho molecular, idade e origem da MODC.

Tabela 3. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas analisadas na Lagoa de Cima por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
Temp. da água (oC) *	26,8 ± 1,8 (23,2 - 27,5 - 29,6)	23,2 ± 1,4 (20,6 - 23,9 - 24,9)
Profundidade (m)	3,26 ± 0,60 (2,60 - 3,15 - 4,30)	3,37 ± 0,40 (2,80 - 3,35 - 4,10)
pH	7,49 ± 0,72 (6,54 - 7,32 - 8,85)	7,15 ± 0,66 (6,13 - 7,23 - 8,30)
Condutividade (mS cm ⁻¹) *	0,033 ± 0,002 (0,031 - 0,032 - 0,038)	0,031 ± 0,002 (0,028 - 0,030 - 0,035)
Alcalinidade (mEq L ⁻¹)	0,176 ± 0,052 (0,139 - 0,151 - 0,312)	0,145 ± 0,009 (0,128 - 0,147 - 0,165)
O _{2 sat.} (%) *	87,1 ± 6,0 (79,1 - 87,9 - 96,3)	98,7 ± 6,4 (86,7 - 98,0 - 109)
CO _{2 sat.} (%)	281 ± 325 (4,05 - 139 - 912)	476 ± 635 (11,7 - 164 - 2.121)
MPS (mg L ⁻¹) *	9,93 ± 3,50 (3,10 - 9,34 - 17,0)	6,73 ± 2,73 (1,57 - 7,29 - 10,1)
CL-a (µg L ⁻¹) *	20,5 ± 5,2 (13,3 - 20,5 - 31,8)	15,2 ± 5,1 (7,13 - 14,6 - 27,1)
PP (µg L ⁻¹) *	24,7 ± 6,0 (13,4 - 23,6 - 37,0)	16,4 ± 3,7 (11,1 - 16,6 - 21,9)
COP (mg L ⁻¹) *	2,40 ± 0,23 (2,04 - 2,45 - 2,65)	1,13 ± 0,22 (0,810 - 1,09 - 1,57)
NP (mg L ⁻¹) *	0,271 ± 0,049 (0,210 - 0,270 - 0,360)	0,157 ± 0,038 (0,110 - 0,150 - 0,250)
C:N *	10,5 ± 1,06 (8,56 - 10,7 - 12,0)	8,41 ± 0,56 (7,24 - 8,45 - 9,34)
N:P	24,4 ± 5,3 (17,4 - 25,1 - 34,0)	21,5 ± 4,0 (16,6 - 21,8 - 28,2)
C:P *	253 ± 37 (182 - 268 - 291)	180 ± 30 (133 - 182 - 234)
COD (mg L ⁻¹) *	5,88 ± 1,30 (4,25 - 5,49 - 8,07)	4,71 ± 1,58 (3,02 - 4,50 - 8,78)
C _{PRO} (mg L ⁻¹)	3,97 ± 2,04 (1,24 - 3,46 - 8,68)	2,98 ± 0,81 (1,86 - 3,13 - 3,99)
C _{CH₂O} (mg L ⁻¹)	1,46 ± 0,29 (1,05 - 1,37 - 1,93)	1,27 ± 0,42 (0,910 - 1,10 - 2,44)

* Diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

Tabela 4 Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas analisadas na Lagoa de Cima por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
$\bar{a}_{MODC}(UV-B) (m^{-1}) *$	42,5 ± 15,4 (19,9 - 41,3 - 71,6)	30,7 ± 6,9 (22,7 - 30,2 - 44,8)
$\bar{a}_{MODC}(UV-A) (m^{-1}) *$	20,0 ± 7,5 (8,52 - 19,1 - 34,2)	14,6 ± 3,7 (10,0 - 14,4 - 21,7)
$\bar{a}_{MODC}(UV) (m^{-1}) *$	26,5 ± 9,8 (11,9 - 26,0 - 45,2)	19,3 ± 4,6 (13,7 - 19,0 - 28,5)
$\bar{a}_{MODC}(RFA) (m^{-1})$	2,77 ± 1,05 (1,00 - 2,51 - 4,46)	2,16 ± 0,66 (1,26 - 1,98 - 3,29)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV-B) (m^2 g^{-1} COD)$	7,13 ± 1,63 (4,31 - 7,27 - 9,75)	7,03 ± 1,77 (4,51 - 6,56 - 10,6)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV-A) (m^2 g^{-1} COD)$	3,36 ± 0,90 (1,84 - 3,35 - 5,09)	3,35 ± 0,91 (2,07 - 3,07 - 5,26)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV) (m^2 g^{-1} COD)$	3,88 ± 1,56 (1,42 - 4,22 - 6,45)	3,82 ± 1,58 (1,12 - 4,01 - 6,83)
$\bar{a}^*_{MODC}(RFA) (m^2 g^{-1} COD)$	0,479 ± 0,194 (0,220 - 0,470 - 0,990)	0,485 ± 0,124 (0,280 - 0,500 - 0,730)
$S_{UV-B} (\mu m^{-1})$	14,4 ± 2,6 (11,9 - 13,3 - 20,3)	14,1 ± 5,5 (7,01 - 12,9 - 26,4)
$S_{UV-A} (\mu m^{-1}) *$	8,69 ± 1,23 (6,24 - 8,71 - 11,0)	7,16 ± 1,16 (5,05 - 7,47 - 8,75)
$S_{UV} (\mu m^{-1}) *$	10,8 ± 1,64 (8,72 - 10,6 - 14,1)	9,33 ± 1,50 (7,58 - 9,11 - 12,5)
$S_{RFA} (\mu m^{-1}) *$	17,2 ± 4,2 (12,5 - 16,4 - 29,2)	14,0 ± 1,5 (10,9 - 14,6 - 15,5)
$S_{300-650} (\mu m^{-1})$	15,0 ± 1,0 (12,9 - 14,9 - 16,9)	15,2 ± 0,9 (13,8 - 15,0 - 16,6)
$\bar{a}_{MODC}(UV-B):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	15,9 ± 3,56 (9,82 - 16,1 - 20,6)	14,6 ± 1,80 (11,1 - 14,8 - 18,0)
$\bar{a}_{MODC}(UV-A):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	7,39 ± 1,39 (5,13 - 7,73 - 9,30)	6,88 ± 0,73 (5,51 - 7,23 - 7,92)
$\bar{a}_{MODC}(UV):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	9,89 ± 2,01 (6,50 - 10,2 - 12,6)	9,14 ± 1,02 (7,19 - 9,51 - 10,9)
$S_{UV-B}:\bar{a}_{MODC}(UV-B)$	0,404 ± 0,240 (0,180 - 0,345 - 1,02)	0,486 ± 0,221 (0,190 - 0,450 - 0,950)
$S_{UV-A}:\bar{a}_{MODC}(UV-A)$	0,508 ± 0,275 (0,250 - 0,475 - 1,29)	0,525 ± 0,175 (0,320 - 0,495 - 0,820)
$S_{UV}:\bar{a}_{MODC}(UV)$	0,484 ± 0,263 (0,190 - 0,405 - 1,12)	0,513 ± 0,159 (0,270 - 0,520 - 0,800)
$S_{RFA}:\bar{a}_{MODC}(RFA)$	8,08 ± 7,06 (2,96 - 6,07 - 29,3)	6,24 ± 1,98 (3,30 - 6,93 - 9,09)

* Diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

6.3.2. Modelo conceitual

O tratamento de correlações entre as variáveis ópticas, limnológicas e meteorológicas mostrou um total de 13% de casos significativos no período úmido (Anexos A, B e C), enquanto no período seco foram observadas apenas 5% (Apêndices A, B e C). Somente foram observadas correlações significativas sobrepostas em ambos os períodos entre \bar{a}_{MODC} e o COD. Entretanto, foi possível observar algumas tendências de correlação em que o mesmo padrão foi observado em ambos os períodos.

A correlação positiva entre o COD e a profundidade observada em ambos os períodos sugere que o maior nível hídrico na lagoa esteja associado a maior concentração da MOD na Lagoa de Cima (Figura 10).

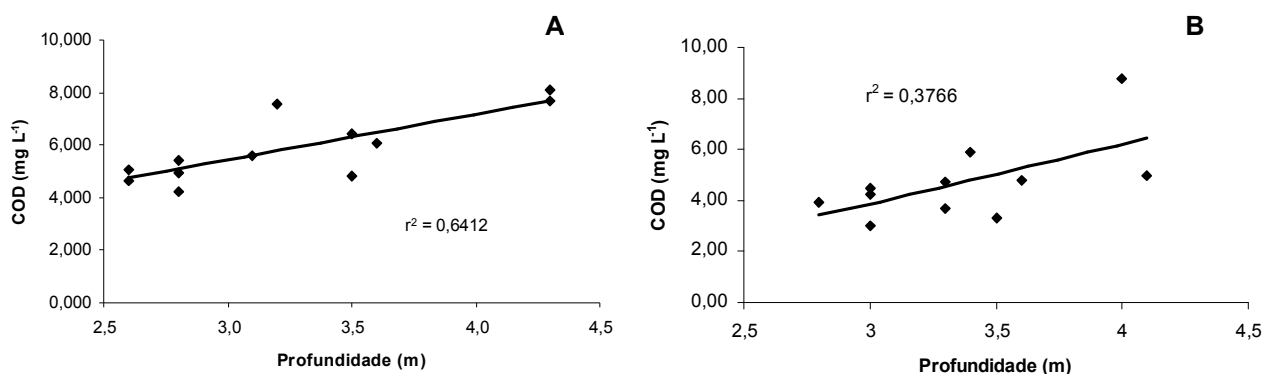


Figura 10 – Relação entre COD e profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima..

De forma geral, foi igualmente verificada uma tendência de correlação positiva entre \bar{a}_{MODC} e a profundidade, em ambos os períodos (Figura 11), reforçando a relação direta entre o nível hídrico e a concentração de MODC na Lagoa de Cima.

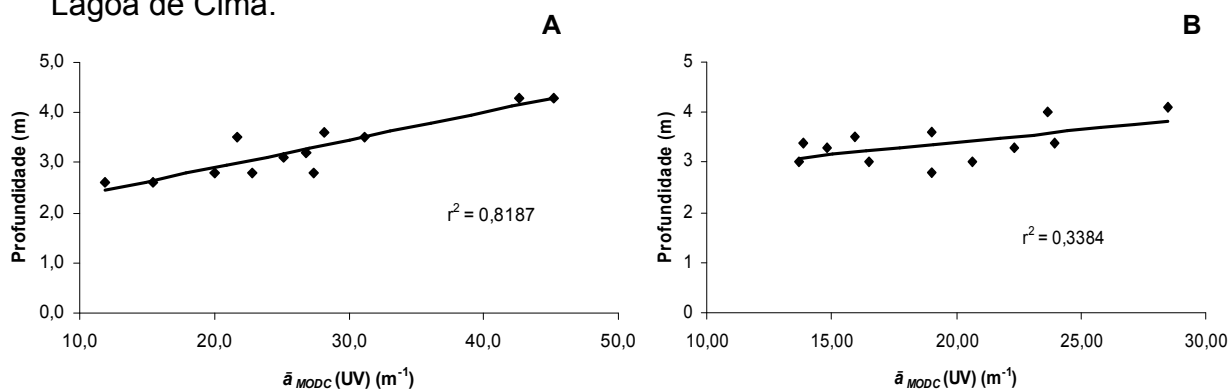


Figura 11 – Relação entre profundidade e \bar{a}_{MODC} (UV) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima..

Não obstante a relativa convergência sazonal associativa entre estas variáveis, também foi observada especificidades. Por exemplo, apenas no período úmido foi possível observar uma tendência de correlação positiva entre clorofila e COD (Figura 12). Similarmente, somente no período úmido, foi constatada uma tendência de correlação positiva entre as variáveis clorofila, profundidade e \bar{a}_{MODC} (Figuras 13 e 14). Como anteriormente sugerido, essas associações podem resultar de uma paralela entrada de matéria orgânica dissolvida e nutriente alóctones, e conseqüente estímulo à produção fitoplanctônica autóctone.

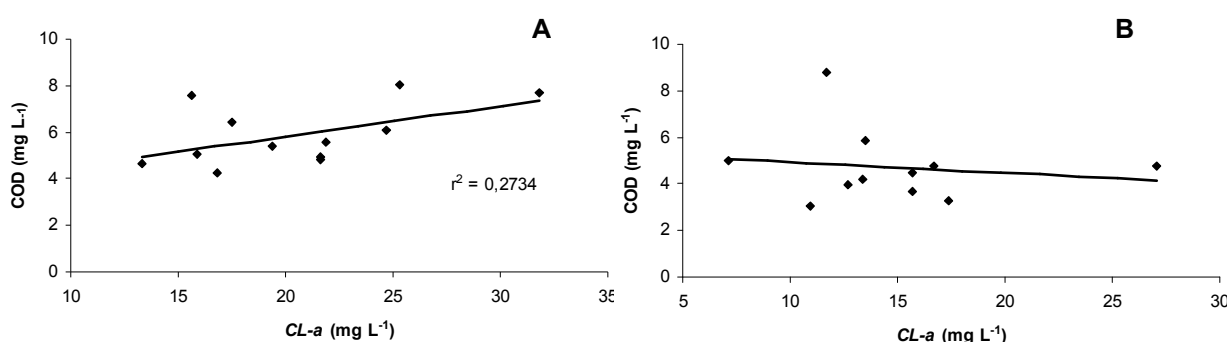


Figura 12 – Relação entre COD e CL-a nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima.

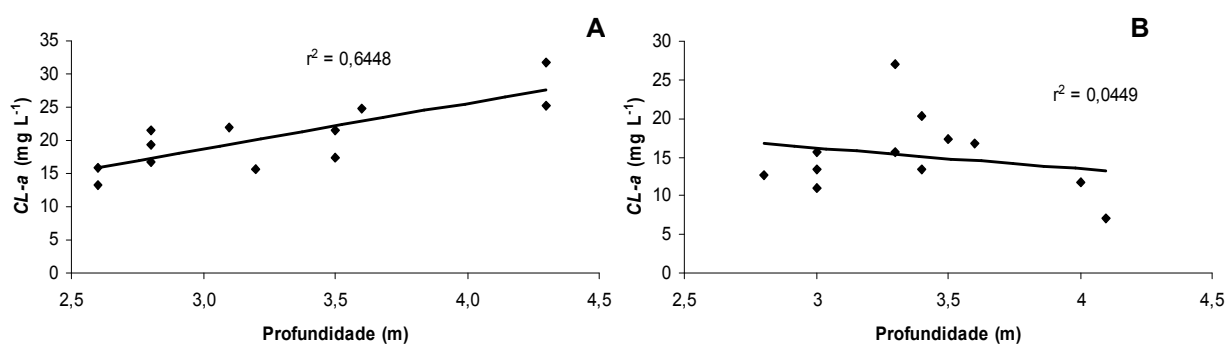


Figura 13 – Relação entre CL-a e profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima.

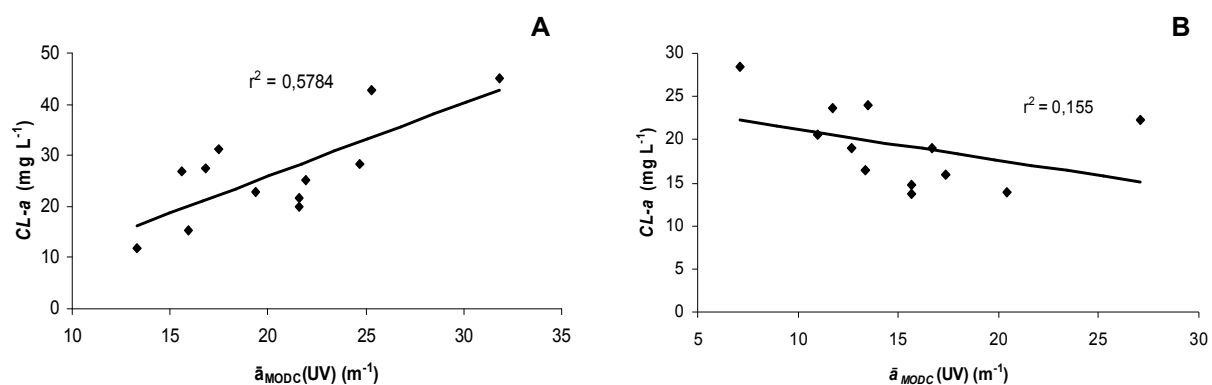


Figura 14 – Relação entre $CL-a$ e $\bar{a}_{MODC}(UV)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Cima.

Período úmido

. Assume-se que a maior entrada de material alóctone, associada a um maior aporte de nutrientes, juntamente com temperaturas mais elevadas e radiação solar mais intensa tenham contribuído ao aumento da biomassa fitoplanctônica (Figura 15). A contribuição autóctone de MODC ao *pool* de MOD, provavelmente mediada pela comunidade fitoplanctônica, parece ser suportada não só pelas tendências de correlações positivas observadas entre clorofila-a, COD e coeficientes \bar{a}_{MODC} observados no período úmido, mas também devido aos valores significativamente maiores dos coeficientes S , usualmente associados à MODC autóctone (Stedmon & Markager, 2001; Keith *et al.*, 2002). Parte importante do aumento de COD pode, no entanto também derivar do aporte alóctone, incrementando a contribuição de MODC no ecossistema.

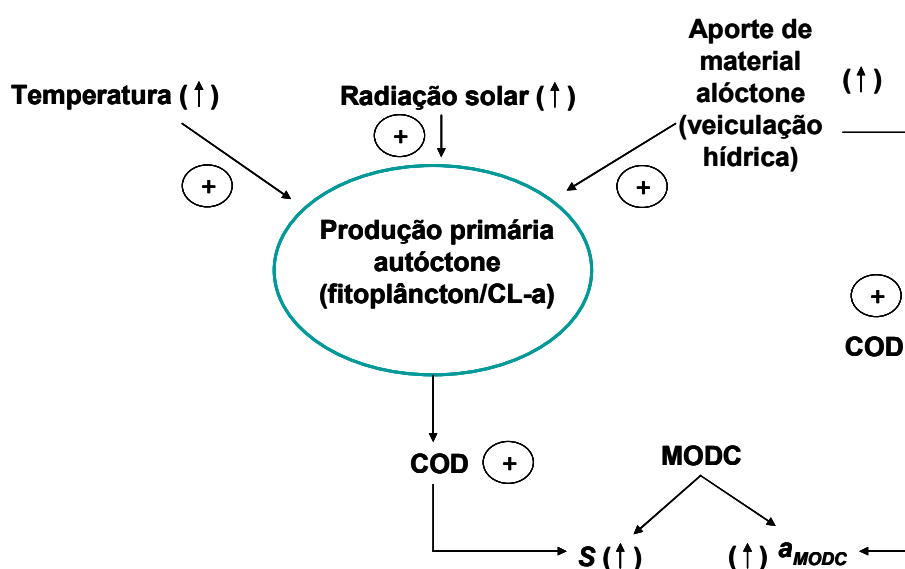


Figura 15 – Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Cima (período úmido).

Período seco

Os menores valores de temperatura e radiação solar observado no período seco pareceram limitar o crescimento fitoplanctônico, fazendo com que, possivelmente, o metabolismo autóctone heterotrófico tenha contribuído de forma majoritária para o *pool* de MODC. Esse fato é reforçado pelos maiores valores de CO_{2sat} e pela tendência de correlação positiva observada entre profundidade, COD e $\bar{a}_{MODC}(\lambda)$. A ausência de correlação entre clorofila-a, COD e \bar{a}_{MODC} , bem como os menores valores de *S* observados no período seco, reforça a idéia de que, neste período, a origem da MODC na Lagoa de Cima esteja mais fortemente relacionada a materiais detriticos (Battin, 1998; Keith *et al.*, 2002; Kolwalczuk, *et al.*, 2003) (Figura 16).

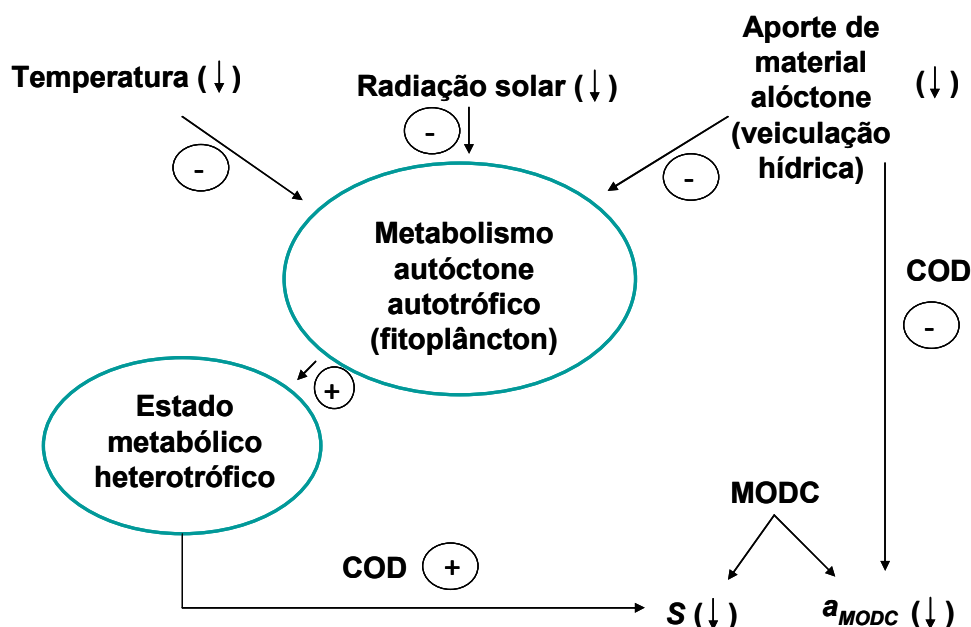


Figura 16 – Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Cima (período seco).

6.4. Lagoa de Grussaí

6.4.1. Caracterização limnológica e óptica

A lagoa de Grussaí foi caracterizada por baixas profundidades, águas relativamente quentes, alcalinas, com elevados valores de condutividade elétrica e de alcalinidade, e um estado metabólico consistentemente heterotrófico.

Em relação ao período seco, a temperatura da água foi significativamente maior no período úmido, reforçando o efeito da sazonalidade climática na região. Também foram observados valores de CE e alcalinidade significativamente maiores durante o período úmido estudado. Não foi observada diferença significativa em relação à profundidade, o que pode ser explicado devido aos processos antrópicos de abertura de barra ocorridos em ambos os períodos.

Apesar de não ter sido possível observar diferença sazonal significativa para O_{2sat} , os valores significativamente maiores de pH e menores de CO_{2sat} , durante o período chuvoso, sugere um estado metabólico heterotrófico menos intenso neste período, sendo reforçado pelos maiores valores de CL-a.

As concentrações de MPS, COP, NP e PP, foram significativamente maiores no período úmido. Possivelmente, essa resposta está relacionada com a entrada de detritos orgânicos de origem terrestre (antrópicos e naturais), bem como a um processo de produção autóctone, estimulado pela entrada de nutrientes alóctones. As razões C:N, N:P e C:P sugerem uma variação sazonal no estado nutricional da Lagoa de Grussaí. Os valores significativamente maiores observados no período úmido sugerem uma moderada deficiência de N e P ao crescimento fitoplanctônico, sendo, provavelmente, o reflexo de uma maior demanda nutricional por estes organismos neste período. Os valores observados durante o período seco, por sua vez, não indicaram deficiência nutricional ao crescimento fitoplanctônico por esses macronutrientes, sugerindo a participação de outros fatores limitantes ou restritivos ao crescimento desta comunidade.

A concentração de COD foi significativamente maior durante o período úmido. No entanto, não foram observadas diferenças significativas em relação ao C_{PRO} e C_{CH2O} . Apesar das maiores concentrações de COD no período úmido, não foram observadas diferenças sazonais significativas para os coeficientes \bar{a}_{MODC} , o que sugere a presença de MODC com maior atividade óptica durante o período seco, sendo suportado pelos valores significativamente maiores de \bar{a}^*_{MODC} .

Comparativamente ao período seco, os valores de S foram significativamente maiores no período úmido. Isto reforça a indicação de uma maior contribuição de MODC menos cromófora neste período, sendo, freqüentemente, associada a uma produção autóctone, como coerentemente suportado pelas maiores concentrações de CL-a, também observada no período úmido.

Os valores das variáveis limnológicas e ópticas para ambos os períodos, bem como as diferenças estatisticamente significativas, são apresentadas, respectivamente, nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas analisadas na Lagoa de Grussaí por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
Temp. da água (oC) *	27,8 ± 2,8 (24,3 - 26,8 - 33,1)	24,2 ± 1,6 (21,1 - 23,9 - 27,1)
Profundidade (m)	0,993 ± 0,279 (0,460 - 1,08 - 1,30)	1,03 ± 0,37 (0,400 - 1,15 - 1,50)
pH *	8,28 ± 0,31 (7,82 - 8,20 - 8,75)	7,78 ± 0,75 (6,50 - 7,70 - 9,30)
Condutividade (mS cm ⁻¹) *	3,35 ± 0,97 (1,35 - 3,11 - 4,96)	2,42 ± 0,58 (1,81 - 2,31 - 3,65)
Alcalinidade (mEq L ⁻¹) *	4,19 ± 0,41 (3,73 - 4,10 - 5,07)	3,45 ± 0,64 (2,92 - 3,15 - 4,82)
O ₂ sat. (%)	112 ± 27 (82,5 - 102 - 162)	94,7 ± 34,4 (50,1 - 90,2 - 193)
CO ₂ sat. (%) *	501 ± 349 (145 - 480 - 1316)	2845 ± 4630 (16,4 - 1262 - 16728)
MPS (mg L ⁻¹) *	24,9 ± 12,0 (9,25 - 21,6 - 43,9)	11,4 ± 7,1 (5,50 - 9,24 - 27,6)
CL-a (µg L ⁻¹) *	54,5 ± 33,1 (26,0 - 38,1 - 130)	37,0 ± 32,7 (8,62 - 24,4 - 124)
PP (µg L ⁻¹) *	96,8 ± 33,8 (49,2 - 87,3 - 162)	67,9 ± 32,2 (33,9 - 61,0 - 142)
COP (mg L ⁻¹) *	6,47 ± 3,08 (3,01 - 5,57 - 12,2)	2,05 ± 1,18 (1,11 - 1,57 - 5,09)
NP (mg L ⁻¹) *	0,676 ± 0,344 (0,270 - 0,590 - 1,32)	0,308 ± 0,190 (0,140 - 0,230 - 0,820)
C:N *	11,5 ± 1,3 (9,57 - 11,1 - 13,6)	8,01 ± 1,04 (6,69 - 7,74 - 9,93)
N:P *	14,8 ± 3,4 (9,90 - 15,1 - 19,4)	10,2 ± 3,23 (4,20 - 11,0 - 16,5)
C:P *	168 ± 35 (112 - 167 - 219)	79,3 ± 21,5 (35,8 - 79,9 - 120)
COD (mg L ⁻¹) *	34,9 ± 5,0 (25,5 - 34,8 - 44,2)	21,3 ± 3,7 (16,1 - 20,3 - 31,0)
C _{PRO} (mg L ⁻¹)	7,89 ± 3,14 (1,24 - 7,32 - 13,8)	11,6 ± 5,8 (1,77 - 12,9 - 18,3)
C _{CH₂O} (mg L ⁻¹)	1,94 ± 0,30 (1,40 - 1,94 - 2,45)	2,42 ± 0,70 (1,57 - 2,09 - 3,73)

* Diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

Tabela 6. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas analisadas na Lagoa de Grussaí por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
$\bar{a}_{MODC}(UV-B) (m^{-1})$	107 ± 23,6 (88,2 - 103 - 177)	102 ± 15,4 (84,3 - 103 - 140)
$\bar{a}_{MODC}(UV-A) (m^{-1})$	42,5 ± 13,0 (32,7 - 39,7 - 81,7)	41,4 ± 7,8 (32,7 - 41,2 - 60,4)
$\bar{a}_{MODC}(UV) (m^{-1})$	61,5 ± 16,1 (49,1 - 58,3 - 109)	59,2 ± 10,0 (47,8 - 59,3 - 83,7)
$\bar{a}_{MODC}(RFA) (m^{-1})$	4,29 ± 1,97 (2,73 - 3,95 - 10,3)	4,31 ± 1,18 (2,81 - 3,99 - 6,55)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV-B) (m^2 g^{-1} COD) *$	3,07 ± 0,39 (2,67 - 2,97 - 4,00)	4,92 ± 0,92 (2,72 - 4,99 - 6,50)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV-A) (m^2 g^{-1} COD) *$	1,21 ± 0,23 (1,00 - 1,16 - 1,85)	1,99 ± 0,43 (1,05 - 2,00 - 2,81)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV) (m^2 g^{-1} COD) *$	1,71 ± 0,27 (1,42 - 1,67 - 2,48)	2,60 ± 0,74 (1,12 - 2,62 - 3,89)
$\bar{a}^*_{MODC}(RFA) (m^2 g^{-1} COD) *$	0,121 ± 0,039 (0,080 - 0,110 - 0,230)	0,208 ± 0,062 (0,110 - 0,205 - 0,320)
$S_{UV-B} (\mu m^{-1}) *$	23,1 ± 1,6 (18,9 - 23,4 - 25,0)	20,7 ± 1,1 (19,5 - 20,6 - 23,2)
$S_{UV-A} (\mu m^{-1}) *$	15,0 ± 1,7 (9,89 - 15,4 - 16,2)	13,8 ± 1,2 (11,4 - 14,0 - 15,2)
$S_{UV} (\mu m^{-1}) *$	16,6 ± 1,6 (11,8 - 16,9 - 17,7)	15,1 ± 1,2 (12,7 - 15,3 - 16,8)
$S_{RFA} (\mu m^{-1}) *$	18,4 ± 2,0 (15,2 - 18,2 - 22,7)	16,5 ± 0,9 (15,2 - 16,7 - 17,8)
$S_{300-650} (\mu m^{-1})$	17,5 ± 1,0 (14,7 - 17,6 - 18,5)	17,2 ± 0,8 (16,1 - 17,4 - 18,0)
$\bar{a}_{MODC}(UV-B):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	26,5 ± 4,4 (17,1 - 26,9 - 32,6)	24,5 ± 4,0 (17,9 - 23,8 - 32,8)
$\bar{a}_{MODC}(UV-A):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	10,3 ± 1,3 (7,92 - 10,3 - 12,0)	9,85 ± 1,3 (7,61 - 9,74 - 12,3)
$\bar{a}_{MODC}(UV):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	15,0 ± 2,2 (10,6 - 15,2 - 18,0)	14,2 ± 2,1 (10,6 - 13,8 - 18,3)
$S_{UV-B}:\bar{a}_{MODC}(UV-B)$	0,226 ± 0,042 (0,110 - 0,230 - 0,270)	0,207 ± 0,032 (0,140 - 0,200 - 0,260)
$S_{UV-A}:\bar{a}_{MODC}(UV-A)$	0,380 ± 0,098 (0,120 - 0,395 - 0,490)	0,345 ± 0,079 (0,190 - 0,345 - 0,440)
$S_{UV}:\bar{a}_{MODC}(UV)$	0,286 ± 0,067 (0,110 - 0,295 - 0,360)	0,264 ± 0,054 (0,150 - 0,265 - 0,330)
$S_{RFA}:\bar{a}_{MODC}(RFA)$	4,88 ± 1,76 (1,47 - 4,50 - 8,25)	4,10 ± 1,16 (2,34 - 4,02 - 6,32)

* Diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

6.4.2. Modelo conceitual

Foi observado um total de 16% de casos significativos para as correlações entre as variáveis ópticas, limnológicas e meteorológicas, durante o período úmido (Anexos A, B e C). Por sua vez, o período seco apresentou um total de aproximadamente 10% (Apêndices A, B e C). Somente foram observados casos de correlações significativas comuns a ambos os períodos entre S e C:P, no entanto foi possível observar algumas tendências de correlação comuns a ambos os períodos. Por exemplo, houve uma tendência de correlação positiva entre S_{UV-B} e CL-a (Figura 17), sugerindo uma contribuição de exudatos oriundos do fitoplâncton ao *pool* de MODC, com moléculas menos cromóforas na região do UV-B.

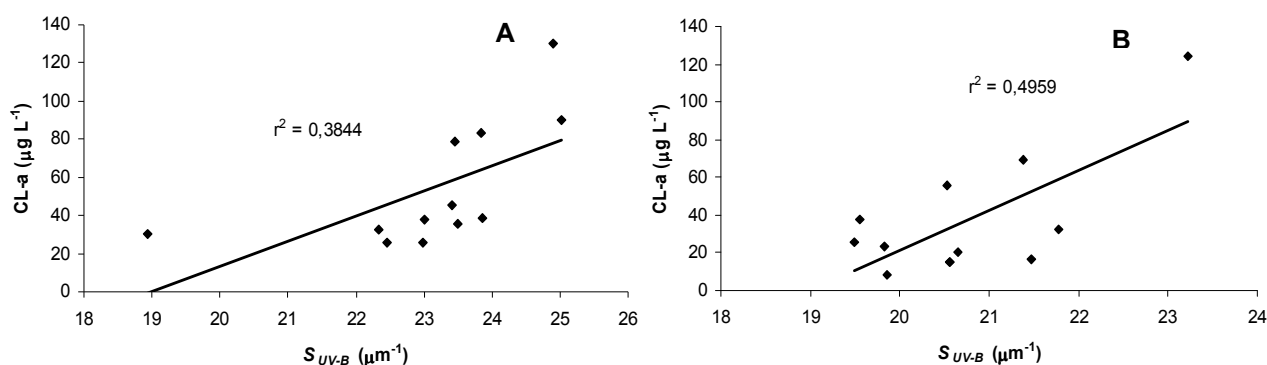


Figura 17 – Relação entre CL-a e S_{UV-B} nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Grussaí.

Por sua vez, somente no período seco foi observada correlação positiva entre \bar{a}^*_{MODC} , MPS e PP (Figuras 18 e 19), sugerindo que a entrada residual de material alóctone, rico em moléculas opticamente mais ativas, tenha contribuído de forma majoritária para o *pool* da MODC neste período. Outra possibilidade não excludente à primeira seria a produção autóctone de material orgânico dissolvido de origem detritica, em função de um maior domínio heterotrófico no ecossistema. Vale ressaltar que a entrada de matéria orgânica alóctone na Lagoa de Grussaí deve ocorrer não somente através da veiculação hídrica resultante da precipitação pluviométrica, mas também devido ao despejo de esgotos domésticos, além de processos eventuais associados à abertura de barra.

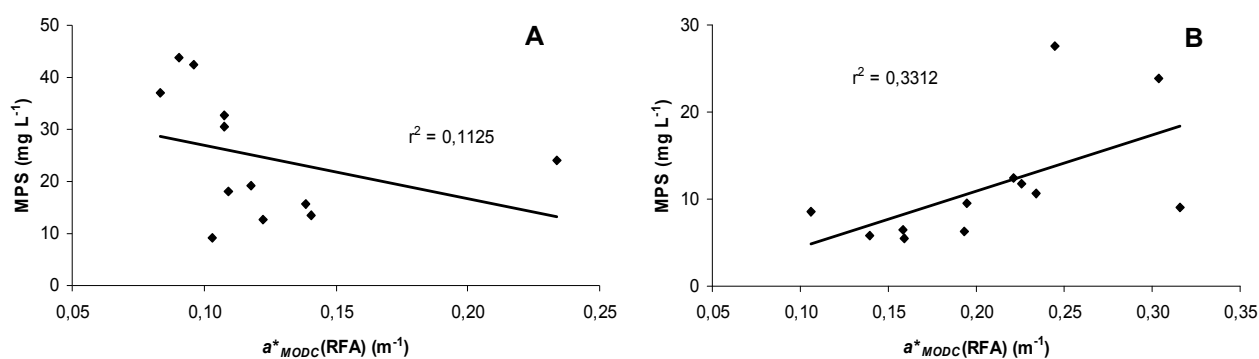


Figura 18 – Relação entre MPS e $\bar{a}^*_{MODC}(RFA)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Grussaí.

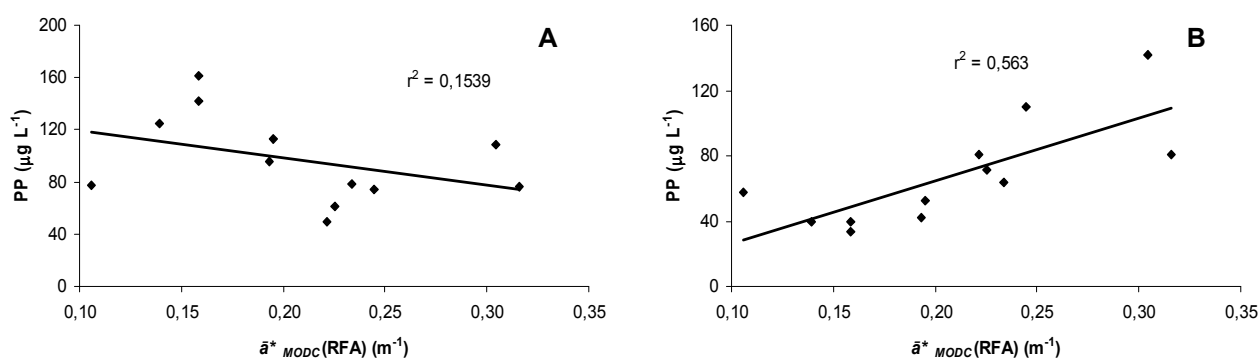


Figura 19 – Relação entre PP e $\bar{a}^*_{MODC}(RFA)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Grussaí.

Período úmido

Os valores significativamente maiores de MPS, COP, NP e PP sugerem que, no período úmido, devido à maior precipitação pluviométrica, tenha ocorrido uma maior entrada de matéria orgânica e nutrientes alóctones na Lagoa de Grussaí. Tal fato, associado à radiação solar significativamente mais intensa nesse período, pode ter contribuído ao aumento da biomassa fitoplanctônica. A contribuição fitoplanctônica de MODC ao *pool* de MOD parece ser suportada não só pelos valores significativamente maiores de S, mas também pelos menores valores de \bar{a}^*_{MODC} , indicando a presença de MODC menos cromófora, usualmente associada a uma produção primária autóctone (Figura 20). Esse padrão foi semelhante ao observado para a Lagoa de Cima. Consistentemente, maiores

valores de S têm sido associados a mudanças sazonais na produção primária autóctone (Stedmon & Markager, 2001; Keith *et al.*, 2002).

Todavia, vale ressaltar que as aberturas de barra podem também ter perturbado ou sobreposto o efeito da sazonalidade climática sobre as respostas óptico-limnológicas percebidas na Lagoa de Grussaí.

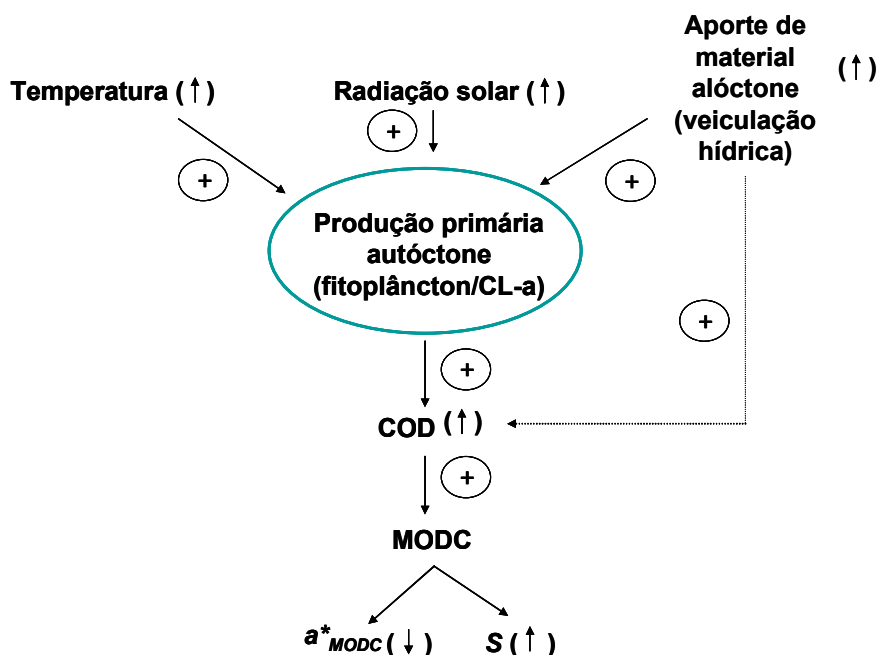


Figura 20 – Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Grussaí (período úmido).

Período seco

Os menores valores de temperatura e radiação solar, associados, provavelmente, a um menor aporte de nutrientes alóctones, pareceram limitar o crescimento fitoplanctônico. Dessa forma, a proporção de material detritico parece ter contribuído de forma majoritária para o *pool* de MODC (Figura 21). Assim como observado e sugerido para as lagoas do Campelo e de Cima, parte desta produção pode ter decorrido de um balanço metabólico heterotrófico, como evidenciado pelos maiores valores de CO_{2sat} . Esse fato é reforçado pelos menores valores de S e valores de \bar{a}^*_{MODC} mais elevados (Battin, 1998; Keith *et al.*, 2002; Kolwalczuk, *et al.*, 2003), geralmente associados à MODC alóctone, e também pela correlação positiva observada entre \bar{a}^*_{MODC} e MPS.

No período seco, é possível que a descarga de efluentes domésticos na Lagoa de Grussaí também tenha exercido uma maior influência direta sobre as POIs da MODC, o que é reforçado pela correlação positiva entre \bar{a}^*_{MODC} e PP.

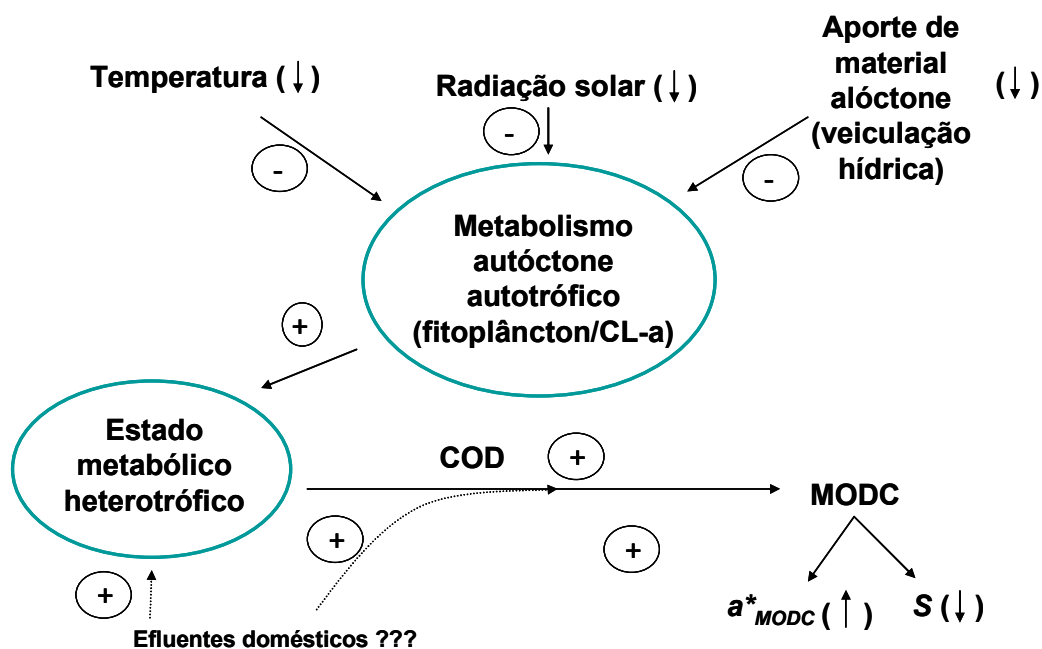


Figura 21 – Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Grussaí (período seco).

6.5. Lagoa de Iquipari

6.5.1. Caracterização limnológica e óptica

Assim como observado para a Lagoa de Grussaí, a Lagoa de Iquipari se caracterizou por apresentar águas relativamente quentes, alcalinas, baixas profundidades, elevados valores de condutividade elétrica e alcalinidade, e um evidente estado metabólico heterotrófico.

A temperatura da água foi significativamente maior no período úmido, refletindo a sazonalidade climática observada em relação ao período seco. Entretanto, assim como sugerido para a Lagoa de Grussaí, é provável que a ausência de diferença sazonal significativa nas profundidades da Lagoa de Iquipari, tenha tido relação com as abertura (artificiais) de barra, ocorridas neste ecossistema. Também não foram observadas diferenças sazonais significativas em relação aos valores de pH, alcalinidade, O_{2sat} , CO_{2sat} , CL-a e C_{PRO} .

Apesar de não ter sido encontrada diferença sazonal significativa para os valores de CO_{2sat} e CL-a, a emergência de um estado metabólico heterotrófico foi

mais claramente evidenciado no período seco, no qual o $\text{CO}_{2\text{sat}}$ foi cerca de sete vezes maior e a concentração de CL-a ~30% menor.

As concentrações de MPS, COP, NP e PP foram significativamente maiores no período úmido, à semelhança do verificado para a Lagoa de Grussaí. Possivelmente, este aumento resultou de processos paralelos como entrada de material alóctone (detrítico) via escoamento hídrico superficial e produção autóctone, fitoplanctônica. Como assinalado para a Lagoa de Grussaí, na Lagoa de Iquipari foram encontradas razões C:N, N:P e C:P relativamente altas no período úmido, que, de acordo com a indexação sugerida por Healey & Hendzel (1980), pode estar relacionado a uma deficiência moderada de N e severa de P ao crescimento fitoplanctônico. Já no período seco, também à semelhança do interpretado para a Lagoa de Grussaí, é provável que outros fatores limitantes tenham restringido a demanda de N e P pelo fitoplâncton, suportando, assim, uma suficiência nutricional a esta comunidade. Entretanto, esta variação pode também estar relacionada à maior ou menor influência de material detrítico alóctone, o qual, se relacionado ao N e ao P, tende a ser tipicamente enriquecido em C. De qualquer forma, a clara convergência de comportamento entre as lagoas de Grussaí e Iquipari, sugere e reforça um padrão sazonal relativamente comum a estes ecossistemas.

O período úmido também se caracterizou por apresentar valores de COD e $C_{\text{CH}_2\text{O}}$ significativamente maiores, o que indica não só um aumento na concentração da MOD, mas também uma mudança qualitativa no conteúdo da MOD. Essa indicação foi consistentemente reforçada pela significativa diminuição de \bar{a}_{MODC} e \bar{a}^*_{MODC} (nas regiões do UV-A, UV e RFA) com o aumento de COD no período úmido.

Também foram observados valores de S , assim como de S/\bar{a}_{MODC} , significativamente maiores durante o período úmido, o que, juntamente com as diferenças observadas para \bar{a}_{MODC} e \bar{a}^*_{MODC} , sugerem ter havido neste período uma importante influência da produção primária autóctone na composição da MODC.

Os valores médios das variáveis ópticas e limnológicas, em ambos os períodos considerados, estão sumarizado nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas analisadas na Lagoa de Iquipari por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
Temp. da água (oC) *	27,2 ± 3,0 (23,3 - 26,4 - 32,9)	23,7 ± 1,7 (21,0 - 23,6 - 26,8)
Profundidade (m)	1,04 ± 0,27 (0,50 - 1,08 - 1,40)	1,16 ± 0,41 (0,50 - 1,25 - 1,80)
pH	8,78 ± 0,21 (8,40 - 8,76 - 9,12)	8,43 ± 0,67 (6,90 - 8,62 - 9,30)
Condutividade (mS cm ⁻¹) *	4,93 ± 3,38 (2,29 - 2,68 - 10,5)	8,83 ± 2,95 (4,16 - 9,08 - 13,2)
Alcalinidade (mEq L ⁻¹)	4,96 ± 0,47 (4,42 - 4,85 - 6,04)	4,10 ± 0,99 (3,12 - 3,43 - 5,63)
O ₂ sat. (%)	116 ± 20,3 (86,0 - 112 - 145)	106 ± 24,0 (72,0 - 102 - 162)
CO ₂ sat. (%)	145 ± 82,3 (50,1 - 123 - 335)	898 ± 2021 (12,6 - 140 - 7129)
MPS (mg L ⁻¹) *	48,4 ± 12,5 (33,0 - 47,0 - 81,5)	22,1 ± 8,6 (11,0 - 21,4 - 35,9)
CL-a (µg L ⁻¹)	100 ± 82,8 (37,9 - 75,3 - 346)	69,5 ± 26,3 (36,7 - 68,1 - 132)
PP (µg L ⁻¹) *	126 ± 43,4 (88,0 - 124 - 254)	87,5 ± 19,7 (58,9 - 84,1 - 120)
COP (mg L ⁻¹) *	14,0 ± 4,4 (6,73 - 14,5 - 22,9)	3,79 ± 1,62 (1,95 - 3,06 - 6,49)
NP (mg L ⁻¹) *	1,44 ± 0,54 (1,01 - 1,33 - 2,93)	0,562 ± 0,204 (0,320 - 0,485 - 0,910)
C:N *	11,6 ± 2,56 (7,65 - 12,8 - 14,4)	7,73 ± 0,63 (6,97 - 7,75 - 8,90)
N:P *	25,4 ± 4,02 (16,7 - 25,3 - 34,2)	14,0 ± 2,89 (11,1 - 12,8 - 18,5)
C:P *	297 ± 82 (128 - 329 - 377)	109 ± 31 (80,4 - 91,4 - 165)
COD (mg L ⁻¹) *	51,5 ± 4,63 (42,8 - 51,5 - 58,7)	29,8 ± 4,35 (23,0 - 29,7 - 37,2)
C _{PRO} (mg L ⁻¹)	8,93 ± 5,87 (1,24 - 7,82 - 26,8)	12,5 ± 6,4 (1,77 - 13,0 - 23,4)
C _{CH2O} (mg L ⁻¹) *	4,18 ± 1,18 (2,22 - 4,00 - 5,94)	2,79 ± 0,99 (1,40 - 2,54 - 4,46)

* Diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

Tabela 8. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas analisadas na Lagoa de Iquipari por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
\bar{a}_{MODC} (UV-B) (m^{-1})	112 ± 21,4 (93,2 - 97,2 - 147)	133 ± 14,2 (118 - 133 - 173)
\bar{a}_{MODC} (UV-A) (m^{-1}) *	39,2 ± 10,0 (30,1 - 32,4 - 55,9)	50,8 ± 6,69 (44,4 - 50,0 - 69,9)
\bar{a}_{MODC} (UV) (m^{-1}) *	60,6 ± 13,3 (48,8 - 51,3 - 82,5)	74,9 ± 8,8 (66,0 - 74,6 - 100)
\bar{a}_{MODC} (RFA) (m^{-1}) *	3,43 ± 1,07 (2,15 - 2,92 - 5,51)	4,52 ± 1,38 (3,27 - 4,25 - 8,61)
\bar{a}^*_{MODC} (UV-B) ($m^2 g^{-1} COD$) *	2,18 ± 0,31 (1,74 - 2,12 - 2,63)	4,54 ± 0,64 (3,47 - 4,52 - 5,67)
\bar{a}^*_{MODC} (UV-A) ($m^2 g^{-1} COD$) *	0,756 ± 0,150 (0,590 - 0,690 - 1,00)	1,73 ± 0,29 (1,33 - 1,69 - 2,30)
\bar{a}^*_{MODC} (UV) ($m^2 g^{-1} COD$) *	1,25 ± 0,24 (0,920 - 1,32 - 1,76)	2,37 ± 0,54 (1,12 - 2,38 - 3,29)
\bar{a}^*_{MODC} (RFA) ($m^2 g^{-1} COD$) *	0,063 ± 0,016 (0,050 - 0,055 - 0,090)	0,152 ± 0,048 (0,110 - 0,135 - 0,280)
S_{UV-B} (μm^{-1}) *	25,7 ± 1,1 (24,0 - 25,9 - 27,3)	20,2 ± 1,4 (17,3 - 20,6 - 22,2)
S_{UV-A} (μm^{-1}) *	18,1 ± 1,3 (15,3 - 18,6 - 19,6)	15,8 ± 1,1 (13,6 - 15,8 - 17,3)
S_{UV} (μm^{-1}) *	20,1 ± 1,2 (16,8 - 21,2 - 22,4)	16,3 ± 1,0 (15,2 - 16,0 - 17,9)
S_{RFA} (μm^{-1}) *	19,9 ± 2,1 (17,4 - 19,4 - 25,3)	17,7 ± 1,0 (15,4 - 17,7 - 18,8)
$S_{300-650}$ (μm^{-1}) *	19,6 ± 1,1 (17,8 - 20,0 - 21,0)	17,8 ± 0,9 (15,9 - 17,9 - 19,1)
\bar{a}_{MODC} (UV-B): \bar{a}_{MODC} (RFA)	34,0 ± 4,7 (25,1 - 33,9 - 43,5)	30,7 ± 5,1 (20,1 - 29,3 - 38,1)
\bar{a}_{MODC} (UV-A): \bar{a}_{MODC} (RFA)	11,6 ± 1,2 (9,47 - 11,8 - 14,0)	11,6 ± 1,5 (8,11 - 11,4 - 13,6)
\bar{a}_{MODC} (UV): \bar{a}_{MODC} (RFA)	18,2 ± 2,1 (14,1 - 18,6 - 22,6)	17,2 ± 2,6 (11,6 - 16,6 - 20,8)
S_{UV-B} : \bar{a}_{MODC} (UV-B) *	0,237 ± 0,049 (0,170 - 0,270 - 0,280)	0,153 ± 0,022 (0,100 - 0,155 - 0,180)
S_{UV-A} : \bar{a}_{MODC} (UV-A) *	0,496 ± 0,145 (0,270 - 0,575 - 0,650)	0,317 ± 0,051 (0,190 - 0,325 - 0,390)
S_{UV} : \bar{a}_{MODC} (UV) *	0,353 ± 0,102 (0,200 - 0,410 - 0,460)	0,221 ± 0,027 (0,160 - 0,220 - 0,260)
S_{RFA} : \bar{a}_{MODC} (RFA) *	6,42 ± 2,42 (3,16 - 6,66 - 11,8)	4,18 ± 1,03 (1,79 - 4,24 - 5,76)

* Diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

6.5.2. Modelo conceitual

Em relação ao tratamento de correlações realizado entre variáveis ópticas, limnológicas e meteorológicas, foi possível observar um total de 70 casos significativos dentro de 189 possíveis para o período úmido, o que corresponde a aproximadamente 37% dos casos (Anexos A, B e C). O período seco apresentou 34 correlações significativas, o que corresponde a aproximadamente 18% dos casos (Apêndices A, B e C). Somente foram observadas correlações significativas comuns a ambos os períodos entre C:P e \bar{a}_{MODC} (correlação negativa), e C:P e S (correlação positiva). Essas diferenças numéricas e qualitativas sugerem uma mudança sazonal no comportamento do ecossistema, com efeitos sobre a dinâmica da MODC.

De forma geral, no período úmido, foi observada uma tendência de correlação positiva entre \bar{a}_{MODC} e as variáveis MPS, COD e CO_{2sat} (Figuras 22, 23 e 24), sugerindo que a entrada de material alóctone (detritico) tenha subsidiado não só um aumento de MODC, mas também definido um estado metabólico heterotrófico mais acentuado no ecossistema. Entretanto, numa escala sazonal, percebe-se que esse efeito não foi suficiente para rivalizar ou sobrepujar o balanço heterotrófico encontrado no período seco. Ao contrário, a condição heterotrófica foi mais claramente evidenciada neste período, refletindo, provavelmente, uma relativa depressão do metabolismo autotrófico na Lagoa de Iquipari.

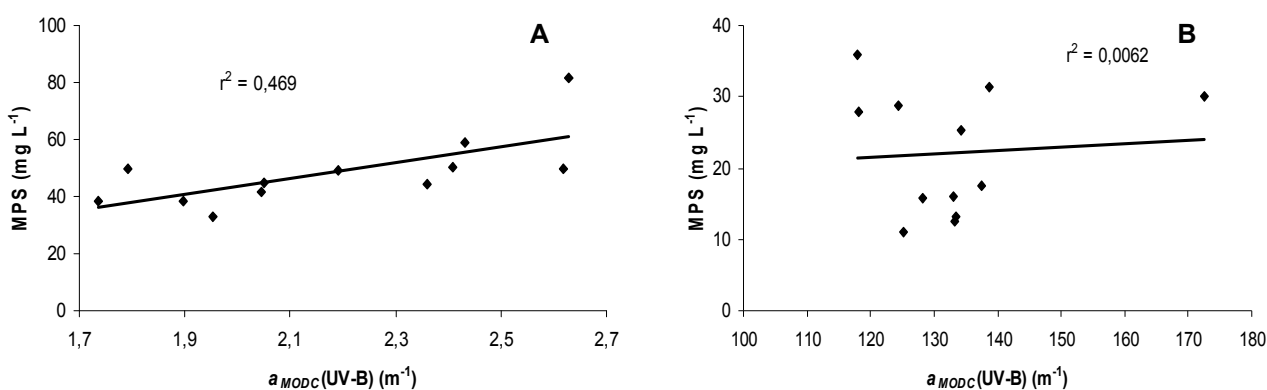


Figura 22 – Relação entre MPS e $\bar{a}_{MODC}(UV-B)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.

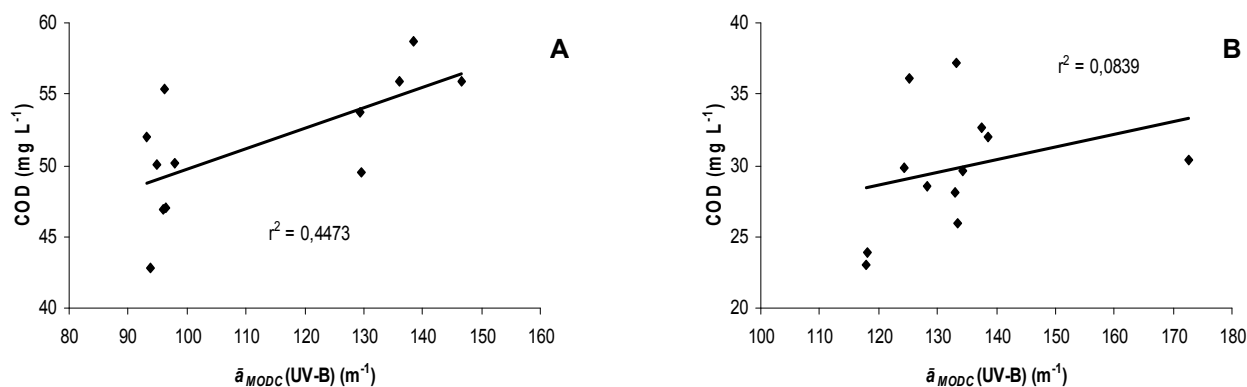


Figura 23 – Relação entre COD e $\bar{a}_{MODC}(UV-B)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.

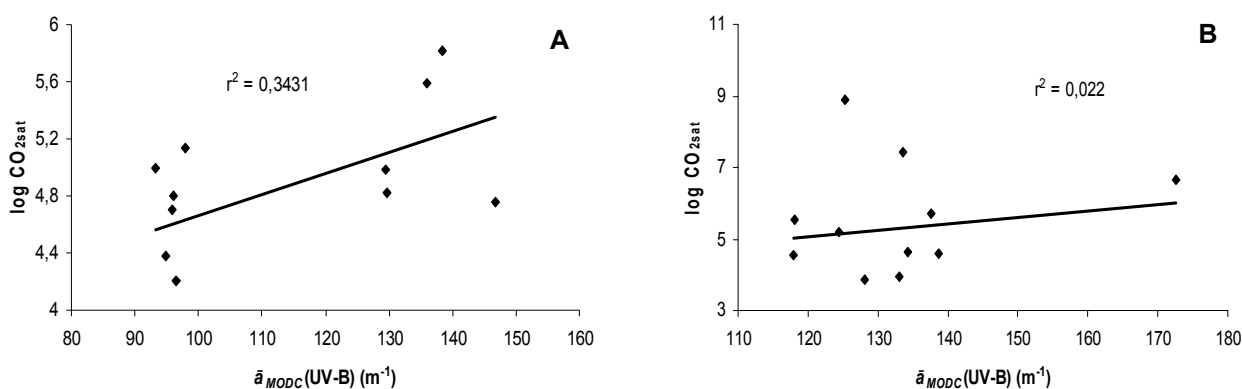


Figura 24 – Relação entre CO_{2sat} e $\bar{a}_{MODC}(UV-B)$ nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.

Por sua vez, as correlações positivas observadas entre NP, COP, CL-a e S, durante o período seco (Figuras 25-B, 26-B e 27-B), sugerem que, apesar da clara condição heterotrófica, o crescimento fitoplanctônico, aparentemente estimulado pelo N particulado, tenha sustentado uma produção de MODC percebida no *pool* de MOD.

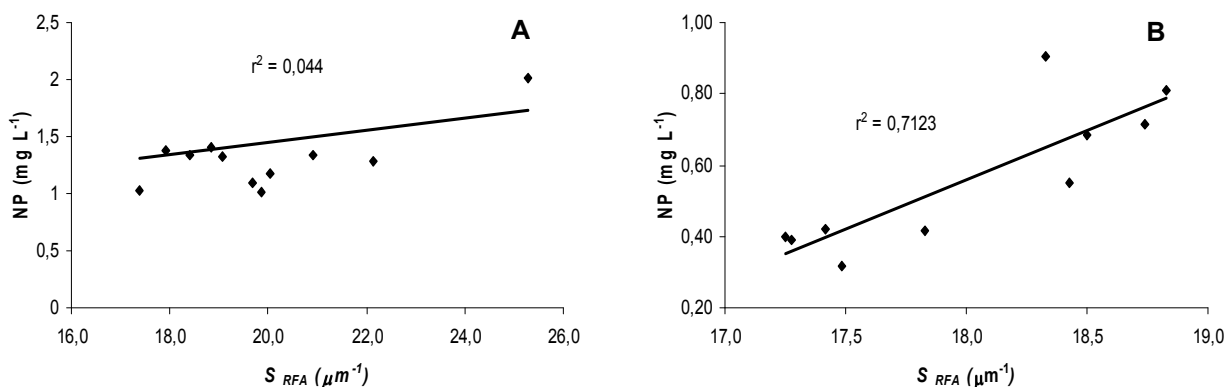


Figura 25 – Relação entre NP e S_{RFA} nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.

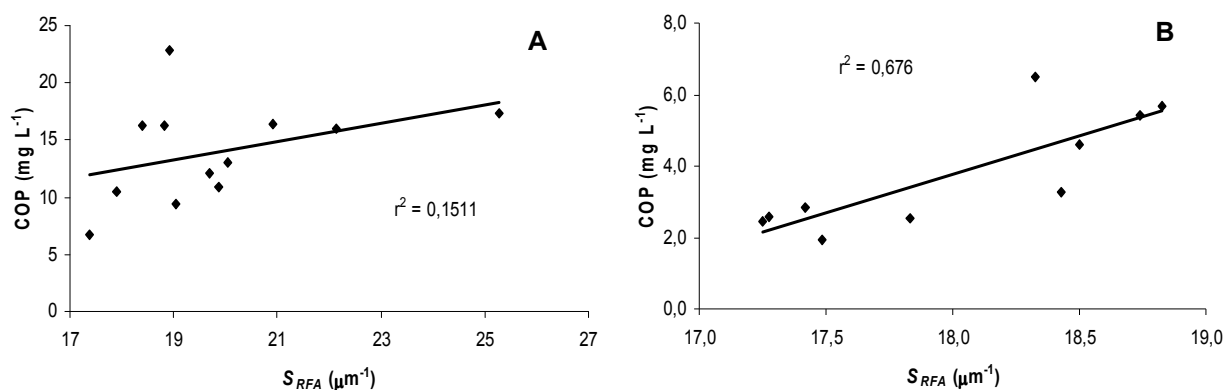


Figura 26 – Relação entre COP e S_{RFA} nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.

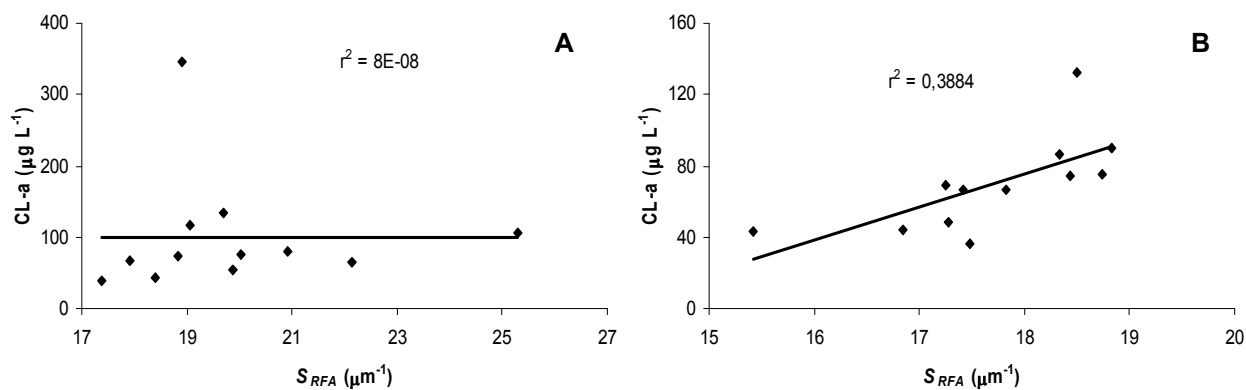


Figura 27 – Relação entre CL-a e S_{RFA} nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) na Lagoa de Iquipari.

Período úmido

No período úmido, a produção primária (mais que o metabolismo heterotrófico) foi provavelmente estimulada pela entrada de nutrientes via escoamento superficial, e pelos maiores valores de temperatura e radiação solar. Sazonalmente, os valores mais elevados de clorofila e S, bem como os menores valores de \bar{a}_{MODC} e \bar{a}^*_{MODC} , sugerem uma maior contribuição fitoplanctônica no *pool* de MODC (Stedmon & Markager, 2001; Keith *et al.*, 2002; Anésio & Granélli, 2003;) na Lagoa de Iquipari, neste mesmo período. Nesse sentido, a contribuição alóctone de matéria orgânica dissolvida e a produzida internamente pelo metabolismo heterotrófico, não pareceram suficientemente fortes para imprimir uma assinatura cromofórica 'detritica' à MOD, como observado no período seco (Figura 28).

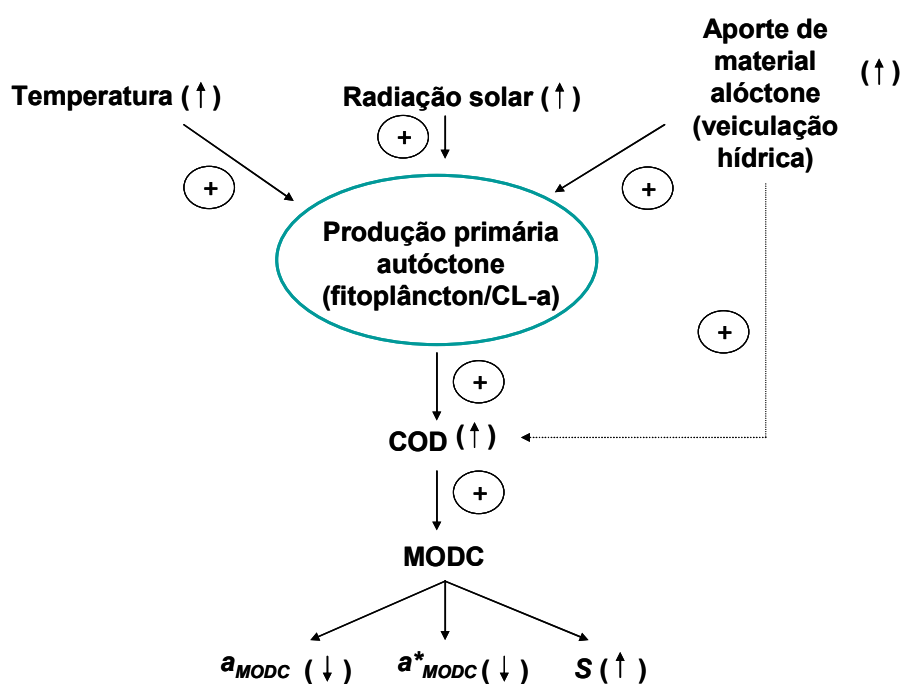


Figura 28 – Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Iquipari no período úmido. A seta tracejada indica uma contribuição menos importante para a MODC.

Período seco

As condições climáticas observadas no período seco pareceram ser suficientemente distintas àquelas do período úmido, sendo possível evidenciar um claro contraste sazonal acerca da dinâmica e origem da MODC. Contrariamente ao período úmido, os menores valores de temperatura e radiação solar, associados a um menor aporte de nutrientes alóctones, pareceram limitar o crescimento fitoplanctônico durante o período seco como um todo. Conseqüentemente, neste período, as POIs da MODC pareceram ser em grande parte determinadas pelos metabolismos autóctones, marcados por uma atividade autotrófica relativamente menor em relação à heterotrófica (Figura 29). A principal contribuição de MODC no período seco pareceu estar relacionada ao metabolismo heterotrófico, à semelhança do sugerido para as demais lagoas. As aberturas de barra ocorridas durante o período seco também pareceram ter alguma influência sobre as características da MODC através da entrada de cromóforos de origem terrestre (Battin, 1998; Keith *et al.*, 2002; Kolwalczuk, et al., 2003).

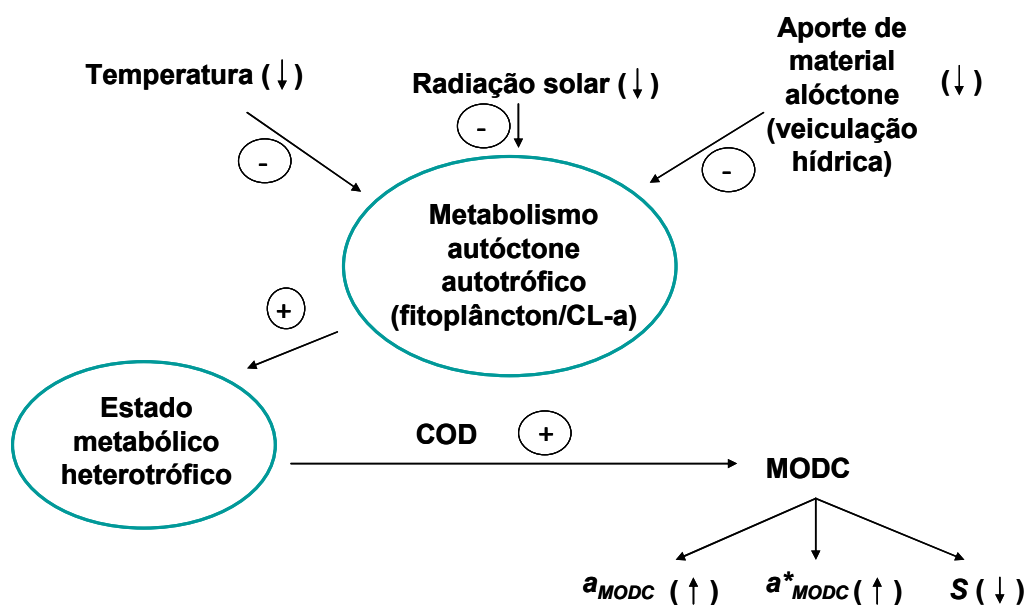


Figura 29 – Modelo conceitual para a produção de MODC na Lagoa de Iquipari no período seco. A seta tracejada indica uma contribuição menos importante para a MODC.

6.6. Rio Paraíba do Sul (RPS)

6.6.1. Caracterização limnológica e óptica

O RPS, único sistema lótico considerado no presente estudo, apresentou valores de pH próximos da neutralidade, baixos valores de CE e alcalinidade, e um estado metabólico heterotrófico (Tabela 9).

Assim como para os demais ecossistemas estudados, os valores de temperatura foram significativamente maiores durante o período úmido, evidenciando, uma vez mais, a sazonalidade climática entre os períodos considerados. Além da temperatura, os valores de O_{2sat} e C_{PRO} foram significativamente maiores no período seco e úmido, respectivamente. As demais variáveis limnológicas analisadas não apresentaram diferenças sazonais significativas, sugerindo um estado relativamente conservativo (Tabela 9).

No que diz respeito às POIs da MODC, os valores de \bar{a}_{MODC} e \bar{a}^*_{MODC} foram significativamente maiores, em todas as regiões espectrais analisadas, no período úmido (Figura 10). Provavelmente, esse aumento de MODC esteve associado à entrada de matéria orgânica terrígena (alóctone), mediada pelas chuvas do período úmido. Os menores valores de S , em todas as regiões espectrais analisadas, assim como as menores razões $S/\bar{a}_{MODC}(UV)$, observados no período úmido, também sugerem a presença de MOD com características mais cromóforas.

As variações observadas nas POIs parecem estar relacionadas com uma modificação sazonal qualitativa do COD. Suhett *et al.* (2007) também inferiram — em função do aumento de foto-oxidação — um aumento de compostos de origem alóctone (húmicos, aromáticos) no início do período úmido na lagoa Comprida (RJ). Também no período úmido, comparativamente ao período seco — Amado *et al.* (2006) observaram um aumento da cor da água ($a_{MODC}(430)$) no rio Caranã (PA). Lindell *et al.* (2000) observaram dois picos foto-reativos de COD em lagos temperados ao longo do ano, sendo um deles relacionado com a entrada de material orgânico alóctone trazido pelo degelo propiciado pela primavera-verão.

Consistentemente, contribuições de MOD alóctone têm sido associadas a um aumento de substâncias aromáticas, as quais, tipicamente, são caracterizadas por S relativamente baixos e \bar{a}_{MODC} elevados. Os valores de S , significativamente menores no período úmido, reforçam a idéia de ter havido uma importante contribuição alóctone de MOD neste período. Baixos valores de S são usualmente

relacionados a moléculas orgânicas com características mais cromóforas, caracterizadas pela presença de polímeros policíclicos aromáticos, tipicamente de origem alóctone (Battin, 1998; Keith *et al.*, 2002; Kolwalczuk, *et al.*, 2003).

Vale ressaltar que, devido a um baixo ajuste do modelo em relação às regiões do UV-B e da RFA no período úmido, não foi possível realizar comparações sazonais em relação ao S nestas regiões espectrais. (Tabela 10).

Tabela 9. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis limnológicas analisadas no RPS por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
Temp. da água (oC) *	27,6 ± 1,6 (24,6 - 27,9 - 30,2)	23,6 ± 1,8 (20,2 - 23,8 - 27,1)
Profundidade (m)	7,07 ± 0,66 (6,30 - 7,05 - 8,28)	6,98 ± 0,20 (6,70 - 6,99 - 7,26)
pH	7,62 ± 0,29 (7,08 - 7,61 - 8,30)	7,34 ± 0,68 (6,05 - 7,37 - 8,58)
Condutividade (mS cm ⁻¹)	0,065 ± 0,005 (0,057 - 0,066 - 0,071)	0,070 ± 0,005 (0,065 - 0,068 - 0,081)
Alcalinidade (mEq L ⁻¹)	0,401 ± 0,028 (0,355 - 0,407 - 0,447)	0,418 ± 0,032 (0,384 - 0,411 - 0,505)
O ₂ sat. (%) *	84,4 ± 4,5 (78,0 - 83,2 - 94,0)	94,8 ± 4,1 (88,0 - 95,4 - 99,7)
CO ₂ sat. (%)	244 ± 176 (37,7 - 204 - 715)	1008 ± 1848 (19,2 - 333 - 6567)
MPS (mg L ⁻¹)	19,9 ± 17,5 (4,27 - 15,1 - 66,4)	10,1 ± 1,99 (7,38 - 9,81 - 13,1)
CL-a (µg L ⁻¹)	5,20 ± 5,27 (1,42 - 2,80 - 17,6)	3,45 ± 1,80 (1,74 - 3,12 - 8,41)
PP (µg L ⁻¹)	32,3 ± 18,3 (13,5 - 28,1 - 77,8)	26,4 ± 6,12 (19,1 - 27,0 - 41,2)
COP (mg L ⁻¹)	0,966 ± 0,526 (0,460 - 0,780 - 2,27)	0,754 ± 0,160 (0,550 - 0,765 - 1,12)
NP (mg L ⁻¹)	0,113 ± 0,051 (0,060 - 0,095 - 0,210)	0,099 ± 0,022 (0,070 - 0,095 - 0,150)
C:N	10,0 ± 1,85 (7,11 - 9,83 - 13,7)	8,98 ± 1,20 (7,57 - 8,84 - 11,8)
N:P	8,13 ± 1,67 (4,87 - 8,33 - 10,0)	8,38 ± 1,15 (6,58 - 8,29 - 10,6)
C:P	79,2 ± 10,4 (64,3 - 76,1 - 96,0)	74,7 ± 10,3 (54,4 - 73,1 - 97,8)
COD (mg L ⁻¹)	3,56 ± 0,87 (2,45 - 3,52 - 5,09)	3,26 ± 1,94 (1,73 - 2,87 - 8,66)
C _{PRO} (mg L ⁻¹) *	2,26 ± 0,83 (0,810 - 2,57 - 3,17)	0,868 ± 0,539 (N.D. - 1,12 - 1,56)
C _{CH₂O} (mg L ⁻¹)	0,646 ± 0,297 (0,340 - 0,575 - 1,22)	0,913 ± 0,299 (0,440 - 0,970 - 1,51)

* Diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

Tabela 10. Valores médios e desvios padrão e entre parênteses os valores mínimos, das medianas e máximos das variáveis ópticas analisadas no RPS por Azevedo (2006) (úmido) e no presente estudo (seco).

Variável	Períodos	
	Úmido	Seco
$\bar{a}_{MODC}(UV-B) (m^{-1}) *$	39,6 ± 28,3 (8,98 - 28,4 - 95,7)	12,2 ± 8,1 (5,90 - 8,47 - 29,4)
$\bar{a}_{MODC}(UV-A) (m^{-1}) *$	22,5 ± 17,7 (3,81 - 15,3 - 57,9)	5,87 ± 4,47 (2,25 - 3,78 - 14,7)
$\bar{a}_{MODC}(UV) (m^{-1}) *$	27,5 ± 20,8 (5,32 - 19,2 - 68,9)	7,72 ± 5,53 (3,33 - 5,15 - 18,7)
$\bar{a}_{MODC}(RFA) (m^{-1}) *$	5,22 ± 4,34 (0,820 - 2,97 - 14,3)	1,10 ± 0,93 (0,270 - 0,820 - 3,53)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV-B) (m^2 g^{-1} COD) *$	10,5 ± 6,1 (3,49 - 7,46 - 21,7)	3,96 ± 2,64 (1,10 - 2,76 - 9,32)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV-A) (m^2 g^{-1} COD) *$	5,88 ± 3,87 (1,48 - 4,02 - 12,6)	1,90 ± 1,52 (0,520 - 1,06 - 5,14)
$\bar{a}^*_{MODC}(UV) (m^2 g^{-1} COD) *$	6,09 ± 4,65 (1,42 - 4,75 - 15,3)	2,32 ± 1,67 (0,690 - 1,66 - 6,36)
$\bar{a}^*_{MODC}(RFA) (m^2 g^{-1} COD) *$	1,34 ± 0,94 (0,34 - 0,85 - 3,02)	0,380 ± 0,37 (0,090 - 0,220 - 1,23)
$S_{UV-B} (\mu m^{-1})$	10,5 ± 5,32 (5,00 - 8,75 - 21,3)	-
$S_{UV-A} (\mu m^{-1}) *$	5,01 ± 2,59 (2,53 - 4,20 - 11,6)	15,3 ± 3,89 (12,5 - 14,2 - 22,0)
$S_{UV} (\mu m^{-1}) *$	8,15 ± 2,78 (5,18 - 7,61 - 13,9)	10,7 ± 3,20 (6,80 - 10,7 - 16,5)
$S_{RFA} (\mu m^{-1}) *$	13,5 ± 3,56 (10,2 - 12,2 - 22,1)	-
$S_{300-650} (\mu m^{-1}) *$	12,4 ± 1,76 (10,4 - 12,4 - 16,5)	16,3 ± 2,35 (12,8 - 15,8 - 20,1)
$\bar{a}_{MODC}(UV-B):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	9,59 ± 2,56 (6,71 - 8,40 - 15,3)	13,3 ± 4,85 (7,58 - 12,5 - 22,0)
$\bar{a}_{MODC}(UV-A):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	5,13 ± 0,90 (4,06 - 4,72 - 7,00)	5,89 ± 1,65 (3,56 - 5,99 - 8,40)
$\bar{a}_{MODC}(UV):\bar{a}_{MODC}(RFA)$	6,43 ± 1,38 (4,84 - 5,72 - 9,44)	8,06 ± 2,56 (4,85 - 7,98 - 12,4)
$S_{UV-B}:\bar{a}_{MODC}(UV-B)$	0,547 ± 0,691 (0,070 - 0,335 - 2,37)	-
$S_{UV-A}:\bar{a}_{MODC}(UV-A) *$	0,571 ± 0,844 (0,060 - 0,260 - 3,04)	1,90 ± 1,25 (0,850 - 1,49 - 3,91)
$S_{UV}:\bar{a}_{MODC}(UV) *$	0,618 ± 0,632 (0,080 - 0,375 - 2,10)	2,17 ± 1,49 (0,430 - 2,17 - 4,14)
$S_{RFA}:\bar{a}_{MODC}(RFA)$	6,01 ± 7,48 (0,720 - 4,30 - 26,9)	-

* Diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

6.6.2. Modelo conceitual

No período úmido foi evidenciado um total de 103 correlações significativas ou 54% dos casos (Anexos A, B e C). No período seco, por sua vez, este número foi menor: 21 correlações significativas, ou 14% dos casos (Apêndices A, B e C), o que sugere, comparativamente ao período úmido, menor dinamismo ecossistêmico.

Como sugerido anteriormente, a observação de correlações positivas e significativas entre \bar{a}_{MODC} , assim como \bar{a}^*_{MODC} , e a profundidade do RPS, em ambos os períodos (Figuras 30 e 31), reforça a indicação de que o aumento das chuvas, independentemente do período sazonal, desempenhe um importante papel na transferência de MODC alóctone às águas do RPS.

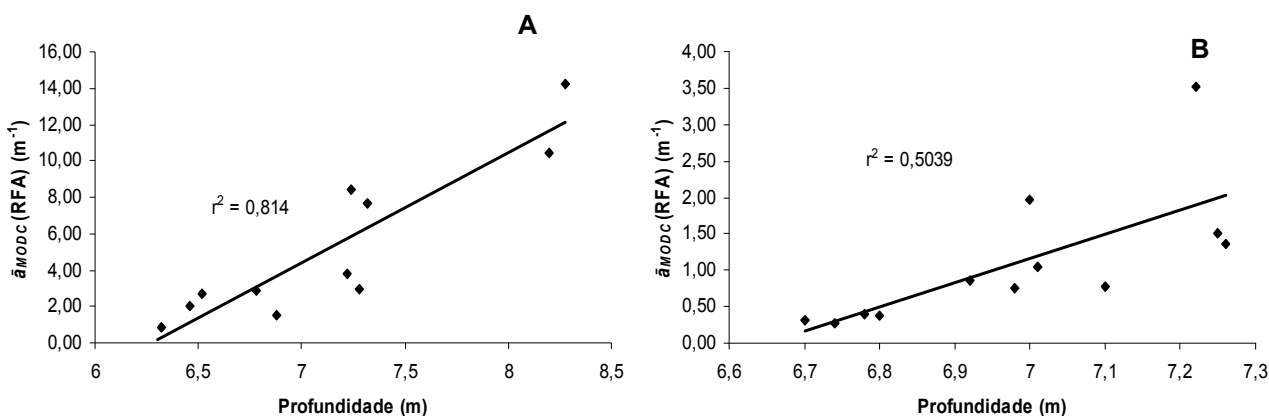


Figura 30 – Relação entre \bar{a}_{MODC} (RFA) e a profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) no RPS.

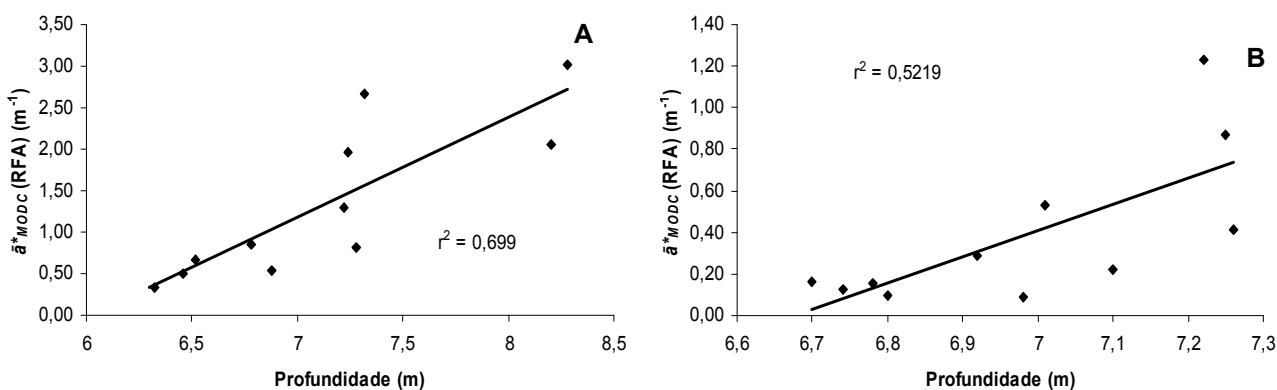


Figura 31 – Relação entre \bar{a}^*_{MODC} (RFA) e a profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) no RPS.

Entretanto, com relação à MOD — indexada como COD —, as relações encontradas entre COD-profundidade e \bar{a}_{MODC} -COD não pareceram suportar um comportamento convergente entre estas variáveis, sazonalmente. Dessa forma, apenas no período úmido foram encontradas correlações positivas e significativas entre COD-profundidade e \bar{a}_{MODC} -COD; no período seco, por sua vez, não foi possível observar qualquer correlação entre estas variáveis (Figuras 32 e 33). É possível que a pequena flutuação de MOD no período seco como um todo, ainda que importante como fonte de MODC, não tenha sido suficientemente forte para ser identificada nos tratamentos de correlação. Isto é, no período úmido foram evidenciadas importantes alterações qualitativas e quantitativas de MOD no RPS, enquanto no período seco estas pareceram ter sido essencialmente qualitativas.

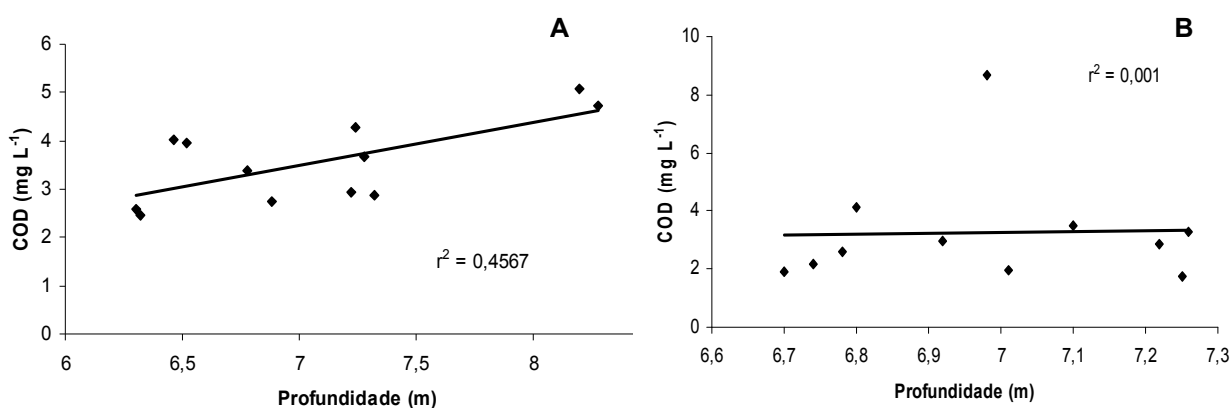


Figura 32 – Relação entre COD e profundidade nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) no RPS.

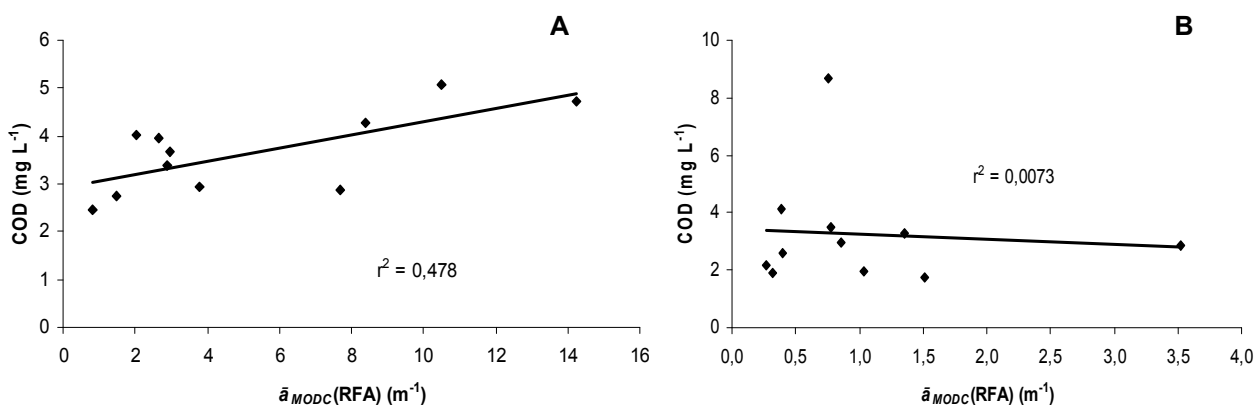


Figura 33 – Relação entre COD e \bar{a}_{MODC} (RFA) nos períodos úmido (A) (Azevedo, 2006) e seco (B) (presente estudo) no RPS.

Período úmido

As correlações positivas entre COD-profundidade, \bar{a}_{MODC} -profundidade e \bar{a}^*_{MODC} -profundidade, sugerem uma importante entrada de MOD, transparente e cromófora, alóctone (Figura 34).

Os valores de S , significativamente menores no período úmido, reforçam a idéia de ter havido uma importante contribuição alóctone de MOD neste período. Isto porque baixos valores de S são usualmente relacionados a moléculas orgânicas com características mais cromóforas, caracterizadas pela presença de complexos polímeros policíclicos aromáticos, tipicamente de origem alóctone (Battin, 1998; Keith *et al.*, 2002; Kolwalczuk, *et al.*, 2003).

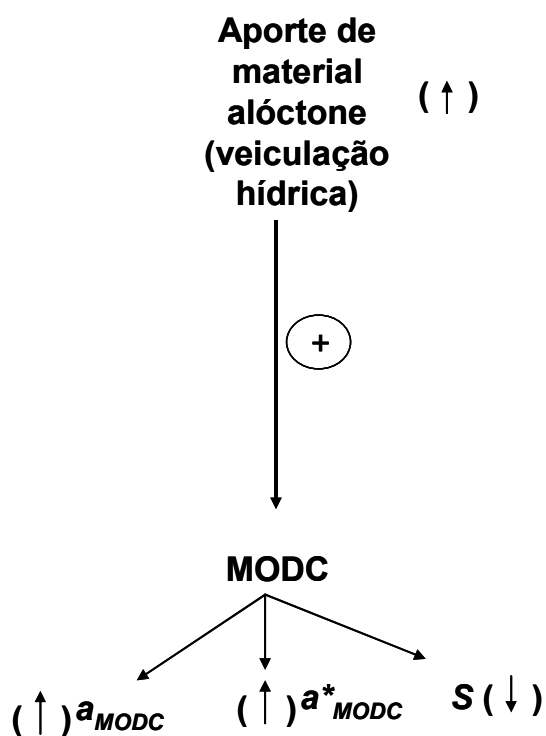


Figura 34 – Modelo conceitual para a produção de MODC no RPS no período úmido.

Período seco

Como anteriormente mencionado, as correlações positivas entre as variáveis \bar{a}_{MODC} -profundidade e \bar{a}^*_{MODC} -profundidade, sugerem que, também no período seco, o aporte de material alóctone seja a principal fonte de MODC para o RPS. E, complementarmente, a falta de correlação entre COD-profundidade e entre COD- \bar{a}_{MODC} indicam que houve uma substituição de material orgânico não cromóforo por material orgânico cromóforo sem uma mudança significativa no *pool* quantitativo de MOD do RPS, no período seco. Essa substituição, no entanto, não foi suficiente para rivalizar os valores mais altos, de \bar{a}_{MODC} e \bar{a}^*_{MODC} , e mais baixos, de S , encontrados no período úmido. Consequentemente, numa escala sazonal, a Figura 35 indica uma condição óptica relativamente menos ativa nas águas do RPS no período seco.

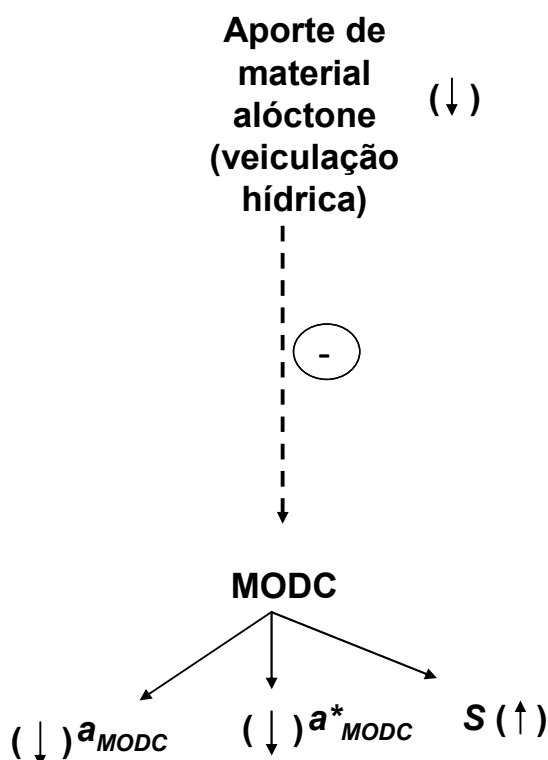


Figura 35 – Modelo conceitual para a produção de MODC no RPS no período seco.

6.7. Análise intersistêmica

6.7.1. Diferenças sazonais

As análises intersistêmicas realizadas neste estudo mostraram uma hierarquia de diferenças significativas sazonais para as variáveis limnológicas e ópticas (Tabela 11).

A Lagoa de Grussaí foi o ecossistema que apresentou o maior número de diferenças sazonais significativas para as variáveis limnológicas, com aproximadamente 78%, enquanto o RPS 17%. De forma geral, foi observada a seguinte hierarquia para as diferenças sazonais significativas entre as variáveis limnológicas: Grussaí > Iquipari = Cima > Campelo > RPS.

Inversamente ao observado para as variáveis limnológicas, para as variáveis ópticas o RPS foi o ecossistema que apresentou o maior percentual de diferenças sazonais significativas, 88%. A Lagoa do Campelo, por sua vez, foi o ecossistema com o menor percentual de diferenças significativas, o que sugere uma identidade óptica relativamente conservativa. A hierarquia observada para as diferenças sazonais entre as variáveis ópticas foi a seguinte: RPS > Iquipari > Grussaí > Cima > Campelo.

Tabela 11. Percentual de diferenças sazonais significativas para as variáveis limnológicas e ópticas nos cinco ecossistemas considerados.

Sistemas	Diferenças sazonais (%)	
	Limnológicas	Ópticas
Campelo	44	15
Cima	61	30
Grussaí	78	40
Iquipari	61	80
RPS	17	88

6.7.2. Relação entre razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA) e \bar{a}_{MODC} (UV-B:RFA)

As razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA) e \bar{a}_{MODC} (UV-B:RFA) indicam no período úmido um gradiente decrescente no qual Iquipari>Grussaí>Campelo>Cima>RPS (Figuras 36 e 37). Os menores valores, associados ao RPS, sugerem uma maior proporção de cromóforos menos degradados (mais ativos na região da RFA) no *pool* de MODC. Contrariamente, os valores mais elevados, relacionados às lagoas do Campelo, Grussaí e Iquipari, indicam cromóforos relativamente mais ativos na região do UV, sugerindo perda de atividade cromófora na região da RFA, possivelmente relacionada a processos fotodegradativos (Vodacek & Blough, 1997; Moran et al., 2000; Stedmon & Markager, 2001; Del Vecchio & Blough, 2002; Vähätalo & Wetzel, 2004; Waiser & Robarts, 2004).

É possível que os maiores valores das razões \bar{a}_{MODC} (UV-B:RFA, UV-A:RFA) também tenham uma relação positiva com o tempo de residência das águas nos sistemas. Isto é, assume-se que quanto maior o tempo de residência das águas de determinado sistema, mais extensivamente estariam sendo degradadas as moléculas associadas à MODC e menor seria a taxa de renovação ou contribuição alóctone de cromóforos orgânicos.

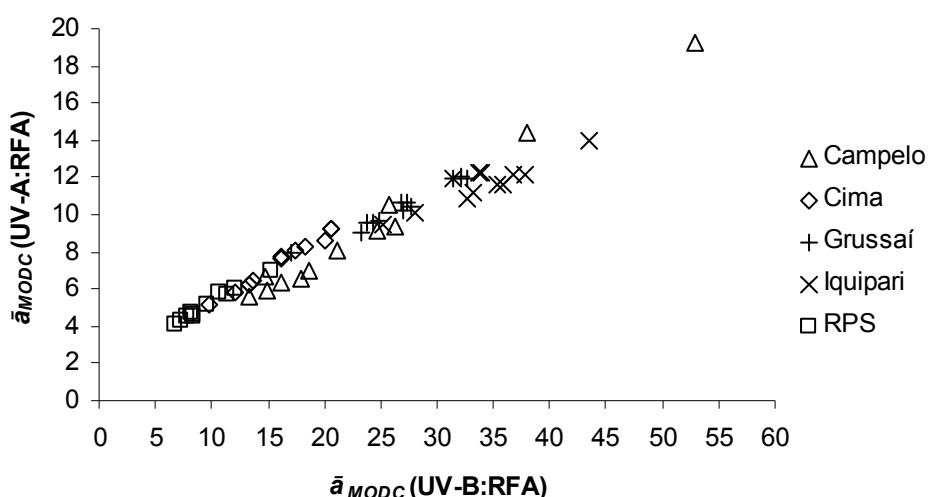


Figura 36. Razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA) e \bar{a}_{MODC} (UV-B:RFA) para os cinco sistemas aquáticos no período úmido (Azevedo, 2006).

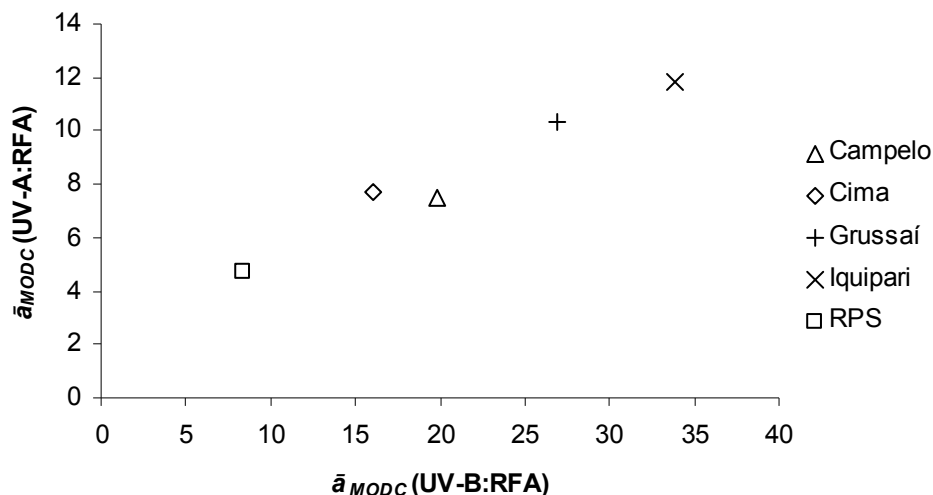


Figura 37. Mediana das razões $\bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA)$ e $\bar{a}_{MODC} (UV-B:RFA)$, individualizadas por ecossistema para os cinco sistemas aquáticos no período úmido (Azevedo, 2006).

No período seco, foi possível observar certa mudança na composição e/ou proporção de cromóforos dissolvidos nos *pools* de MOD para alguns dados pontuais nos sistemas estudados (Figura 38). Entretanto, as medianas confirmaram a hierarquia intesistêmica anteriormente verificada no período úmido, no qual Iquipari > Grussaí > Campelo > Cima > RPS (Figura 39).

Tais resultados reforçam a idéia de uma relação positiva entre $\bar{a}_{MODC}(UV-B:RFA, UV-A:RFA)$ e tempo de residência das águas esperado para estes sistemas.

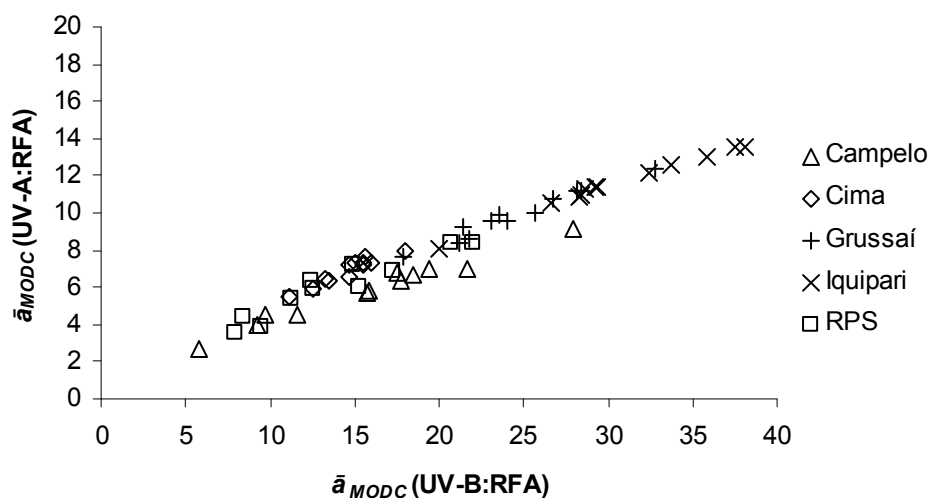


Figura 38. Razões $\bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA)$ e $\bar{a}_{MODC} (UV-B:RFA)$ para os cinco sistemas aquáticos no período seco (presente estudo).

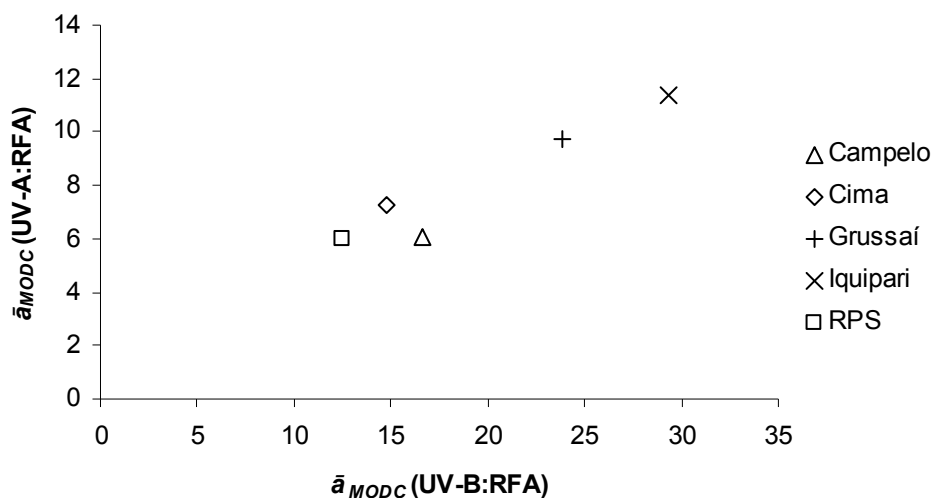


Figura 39. Mediana das razões \bar{a}_{MODC} (UV-A:RFA) e \bar{a}_{MODC} (UV-B:RFA), individualizadas por ecossistema para os cinco sistemas aquáticos no período seco (presente estudo).

6.7.3. Relação S - \bar{a}_{MODC}

Em ambos os períodos foi observada uma tendência de relação inversa entre S e \bar{a}_{MODC} . Esse tratamento relacional tem sido utilizado como um referente na caracterização de fontes autóctone e alóctone de MODC em ambientes estuarinos e massas d'água (Stedmon e Markarger, 2001; Rochelle-Newall e Fisher, 2002) e é aqui ilustrado na faixa de 300 a 650 nm para os períodos úmido e seco (Figuras 40 e 41). Entretanto, pode-se verificar que as lagoas de Iquipari e Grussaí apresentaram, em ambos os períodos, um padrão S - \bar{a}_{MODC} distinto, em relação aos demais ecossistemas. Tal fato pode refletir a existência de um distinto conjunto molecular de cromóforos orgânicos derivados de fontes comuns de MODC, particularmente presentes naquelas lagoas. Entretanto, há também a possibilidade de haver outros interferentes ópticos associados, p. ex., aos conteúdos iônicos presentes naquelas águas. Por sua vez, os valores associados aos coeficientes ópticos dos ecossistemas Lagoa do Campelo, Lagoa de Cima e RPS formaram um gradiente S - \bar{a}_{MODC} razoavelmente contínuo. Tal padrão assemelha-se com o observado para misturas conservativas de diferentes *pools* de MODC (Stedmon & Markarger, 2003), mas neste estudo pode indicar um gradiente intersistêmico de contribuições relativas de MODC autóctone-alóctone.

Dentre os ecossistemas estudados, a Lagoa do Campelo se destacou por apresentar, em ambos os períodos, valores de S relativamente mais elevados e valores de \bar{a}_{MODC} relativamente mais baixos. Esse tipo de associação pode resultar de uma maior contribuição de MODC autóctone, sendo coerentemente suportado pela indicação de um estado metabólico consistentemente autotrófico. Num outro extremo, no período úmido, o RPS apresentou um comportamento S - \bar{a}_{MODC} inverso ao observado para a Lagoa do Campelo, sugerindo, comparativamente aos demais ecossistemas, uma maior contribuição de MODC alóctone (Azevedo, 2006). No período seco, no entanto, estas variáveis apresentaram uma mudança relacional nas águas do RPS, sendo representada por um aumento nos valores de S e diminuição de \bar{a}_{MODC} , o que pode estar relacionado a uma maior contribuição de MODC autóctone (Figuras 40 e 41). Aparentemente, portanto, estes resultados permitem qualificar a contribuição relativa de cromóforos dissolvidos, autóctones e alóctones, em um ecossistema aquático, como sugerido para o RPS, ou entre ecossistemas aquáticos, como sugerido no período úmido para os extremos Lagoa do Campelo-RPS.

A expressão gráfica das medianas das razões $S:\bar{a}_{MODC}$, reforça a presença de dois grupos distintos no que diz respeito a fontes autóctones/alóctones de MODC (Figuras 42 e 43). O padrão integrado, observado nas lagoas do Campelo e de Cima e no RPS, entre S e \bar{a}_{MODC} , em ambos os períodos, sugere um gradiente decrescente de contribuições autóctones onde Campelo>Cima>RPS. No entanto, no período seco, tal padrão se modifica devido ao aumento nas razões $S:\bar{a}_{MODC}$ ocorrido no RPS, reforçando a idéia de uma contribuição alóctone de MODC significativamente reduzida nesse período. Em ambos os períodos as lagoas de Grussaí e Iquipari apresentaram baixas razões $S:\bar{a}_{MODC}$ sugerindo uma maior contribuição de MODC alóctone.

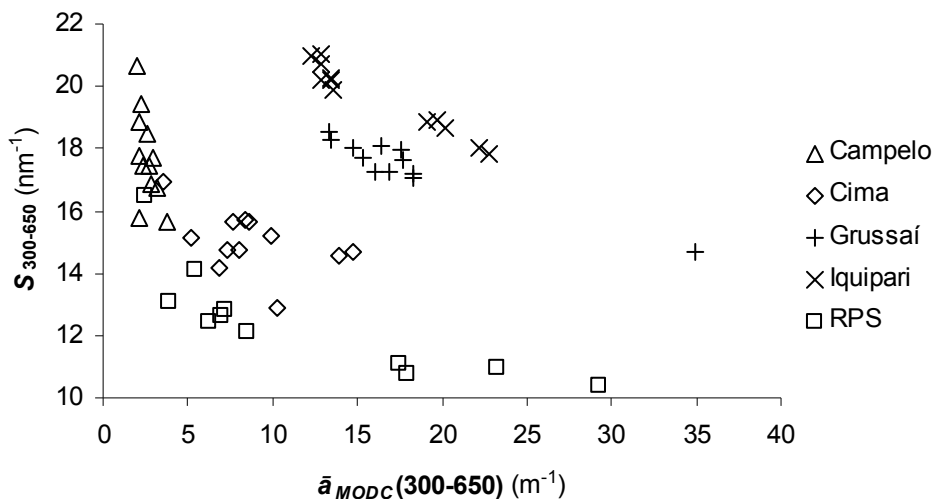


Figura 40. Relação entre os coeficientes \bar{a}_{MODC} e S na região de 300 a 650 nm, considerando-se cinco ecossistemas aquáticos estudados no período úmido (Azevedo, 2006).

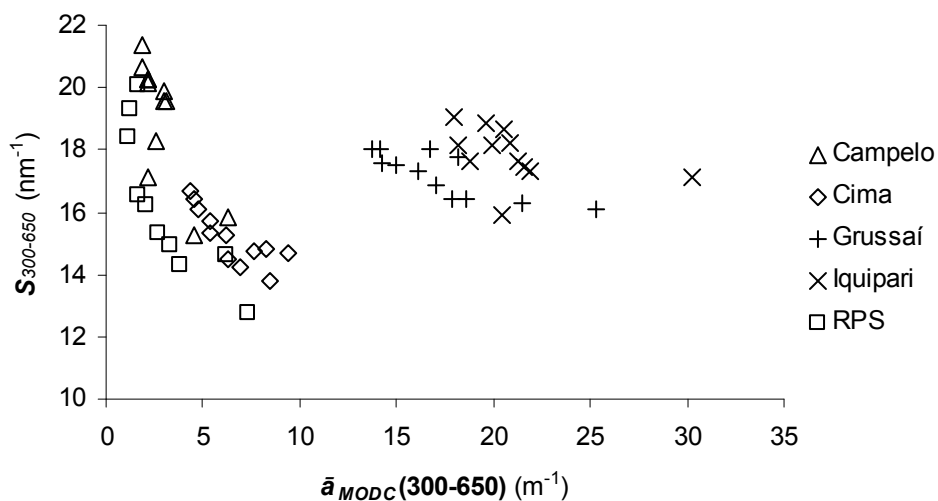
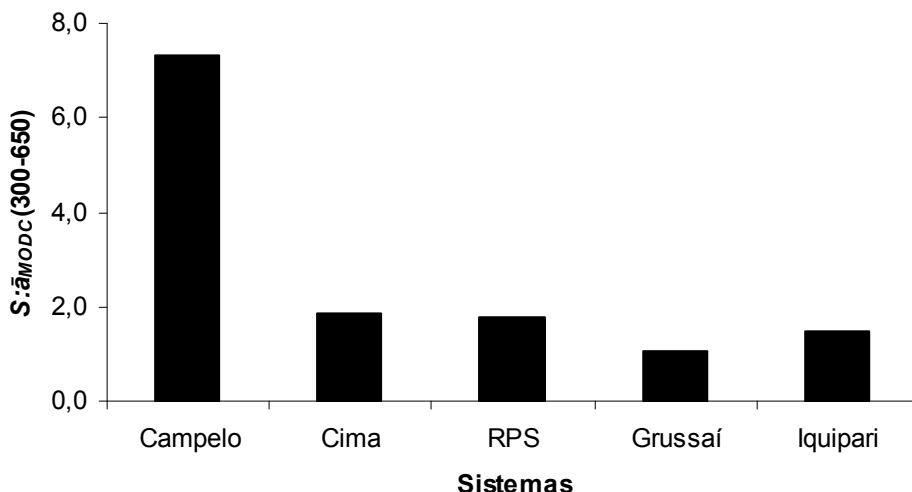
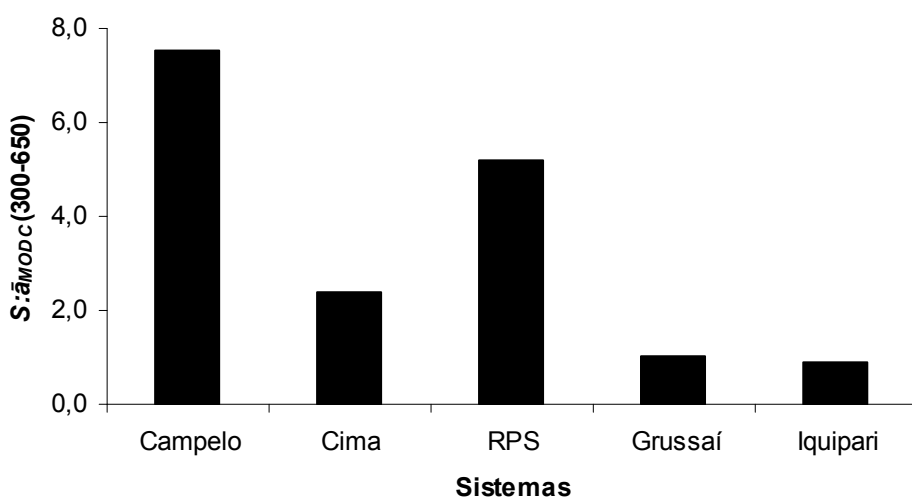


Figura 41. Relação entre os coeficientes \bar{a}_{MODC} e S na região de 300 a 650 nm, considerando-se cinco ecossistemas aquáticos estudados no período seco (presente estudo).



Figura

42. Medianas, individualizadas por ecossistema, das razões $S:\bar{\alpha}_{MODC}$ na faixa espectral entre 300 e 650 nm (período úmido) (Azevedo, 2006).



Figura

43. Medianas, individualizadas por ecossistema, das razões $S:\bar{\alpha}_{MODC}$ na faixa espectral entre 300 e 650 nm (período seco) (presente estudo).

6.7.4. Pares intersistêmicos

As medianas dos valores de P resultantes dos testes HSD de Tukey, para as variáveis limnológicas e ópticas, foram utilizadas para identificar o grau de similaridade ou diferença limnológica/óptica entre os ecossistemas estudados.

No período úmido, foi possível observar, em 70% dos casos, diferenças significativas ($P < 0,05$) coincidentes entre os pares intersistêmicos formados e,

quando incluída a ausência de diferença significativa encontrou-se uma convergência óptica-limnológica em 80% dos casos (Tabela 12).

O período seco, por sua vez, apresentou um menor número de diferenças significativas coincidentes para variáveis ópticas e limnológicas entre os pares intersistêmicos, 40% dos casos. Quando incluída a ausência de diferenças significativas foi observada uma convergência óptica-limnológica em 50% dos casos (Tabela 12). A diferença observada no número de convergências ópticas-limnológicas ocorreu devido a um menor número de diferenças intersistêmicas significativas para as variáveis limnológicas no período seco.

Por sua vez, as variáveis ópticas mantiveram o mesmo percentual de diferenças intersistêmicas significativas em ambos os períodos, 80% dos casos. Somente foram observadas ausências de diferenças significativas entre as variáveis ópticas nas lagoas de Iquiparí e Grussaí, na Lagoa do Campelo e no RPS, no período úmido, e na Lagoa de Cima e no RPS no período seco (Tabelas 13 e 14) A maior similaridade óptica observada entre as lagoas de Iquiparí e Grussaí reforça a possibilidade de haverem interferentes ópticos comuns nesses ecossistemas, em ambos os períodos.

Comparando-se os valores de P , também resultantes dos testes HSD de Tukey, para os coeficientes de variação (CVs) das variáveis ópticas e limnológicas verificaram-se, no período úmido, diferenças significativas apenas para as variáveis ópticas entre o sistema lótico, representado pelo RPS, e os demais sistemas lênticos (Tabela 12). No período seco observou-se o mesmo padrão de diferenças significativas para os CVs das variáveis ópticas, além de uma diferença significativa, referente às variáveis limnológicas entre as lagoas de Cima e de Grussaí (Tabela 13). Particularmente, essa segregação lótico-lêntico, em ambos os períodos, sugere que as variáveis ópticas são mais sensíveis a estes comportamentos hidrológicos que as variáveis limnológicas consideradas neste estudo.

Tabela 12. Medianas de P para variáveis limnológicas e ópticas como um todo e valores de P para coeficientes de variação (CVs) correspondentes aos respectivos conjuntos de variáveis no período úmido (Azevedo, 2006). Valores resultantes do teste HSD de Tukey.

Pares intersistêmicos	Medianas para os valores de P (variáveis limnológicas)	Medianas para os valores de P (variáveis ópticas)	Valores de P (CVs p/ variáveis limnológicas)	Valores de P (CVs p/ variáveis ópticas)
Ca/RPS	0,03	0,00	0,36	0,00
Ci/Gr	0,02	0,00	0,99	0,96
Ci/Iq	0,00	0,00	0,89	0,70
Gr/RPS	0,00	0,00	0,93	0,00
Iq/RPS	0,00	0,00	0,18	0,00
Ca/Gr	0,02	0,00	0,85	0,87
Ca/Ci	0,20	0,01	1,00	1,00
Ca/Iq	0,00	0,01	0,99	0,54
Ci/RPS	0,87	0,07	0,68	0,00
Gr/Iq	0,00	0,87	0,62	0,98

Tabela 13. Medianas de P para variáveis limnológicas e ópticas como um todo e valores de P para coeficientes de variação (CVs) correspondentes aos respectivos conjuntos de variáveis no período seco. Valores resultantes do teste HSD de Tukey.

Pares intersistêmicos	Medianas para os valores de P (variáveis limnológicas)	Medianas para os valores de P (variáveis ópticas)	Valores de P (CVs p/ variáveis limnológicas)	Valores de P (CVs p/ variáveis ópticas)
Ca/RPS	0,01	0,16	0,99	0,00
Ci/Gr	0,08	0,00	0,03	0,73
Ci/Iq	0,00	0,00	0,57	0,51
Gr/RPS	0,05	0,00	0,10	0,00
Iq/RPS	0,00	0,00	0,88	0,00
Ca/Gr	0,00	0,02	0,23	0,30
Ca/Ci	0,06	0,00	0,85	0,94
Ca/Iq	0,01	0,03	0,99	0,16
Ci/RPS	0,74	0,00	0,98	0,00
Gr/Iq	0,32	0,88	0,47	1,00

6.8. Análise polissistêmica

6.8.1. Relações óptica-limnológicas

Através da análise conjunta, polissistêmica, de variáveis ópticas e limnológicas, foi possível identificar que os coeficientes S e \bar{a}^*_{MODC} apresentaram um maior número de correlações significativas ($P < 0,05$) com as variáveis limnológicas do que o verificado para \bar{a}_{MODC} . Isto sugere certo grau de

complementaridade entre os coeficientes ópticos estudados, apresentando S e \bar{a}^*_{MODC} maior valor integrativo ou relacional do que \bar{a}_{MODC} (Tabelas 14 e 15).

De um modo geral, pôde-se observar uma tendência de aumento de cromóforos dissolvidos em sistemas ricos em COD e proteínas dissolvidas. No período úmido, sistemas empobrecidos em N (elevação da razão C:N) também pareceram apresentar um aumento na concentração de cromóforos dissolvidos. Por sua vez, no período seco, a concentração de carboidratos nos ecossistemas pareceu estar relacionada diretamente com o aumento de cromóforos dissolvidos. A correlação negativa entre \bar{a}_{MODC} e a temperatura da água, no período úmido pode estar relacionada à irradiância (normalmente mais intensa neste período sazonal), a qual apresentaria efeitos de clarificação ('photobleaching') de cromóforos (Del Castillo & Coble, 2000). Por sua vez, a ausência de correlação negativa significativa observada entre a temperatura da água e \bar{a}_{MODC} pode estar associada à menor irradiância observada no período seco.

As correlações positivas observadas entre as variáveis limnológicas e S sugerem que o aumento do metabolismo autóctone, assumido como uma função do aumento das concentrações de CLa, COP, PP, NP e do MPS associado, além do aumento nos valores de pH, contribui para a diminuição de cromóforos. Também foram observadas correlações negativas entre a atividade óptica, expressa como \bar{a}^*_{MODC} , e, pH, CE, alcalinidade, MPS, PP e CL-a, em ambos os períodos. Coerentemente, a perda ou a menor atividade óptica de *pools* cromofóricos tem sido associada a fontes autóctones de MODC, assim como a águas que possuem alcalinidade e conteúdos iônicos relativamente elevados (Wetzel, 1983; Reche et al., 1999; Stedmon & Markager, 2001; Stedmon & Markager, 2003). Especificamente no período úmido, a atividade óptica da MODC pareceu aumentar com o aumento do nível hídrico, indexado pelos valores de profundidade, possivelmente refletindo a entrada de MODC alóctone.

Tabela 14. Correlações de Spearman significativas ($P<0,05$) entre variáveis ópticas e limnológicas, considerando medidas de tendência central (média (°) e mediana (°°)) para o conjunto de sistemas estudados como um todo ($n=5$), no período úmido (Azevedo, 2006). Ausência de círculo(s) indica correlação significativa tanto para média como para mediana.

Variável	\bar{a}_{MODC} (m ⁻¹)	\bar{a}^*_{MODC} (m ² g ⁻¹ COD)	S (μm ⁻¹)
Profundidade (m)		+	-
Temperatura da água (°C)	-°°		
pH (-log [H ⁺])			+
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)		-°	+°
Alcalinidade (mEq L ⁻¹)		-	+
O _{2sat} (%)		-	+
CO _{2sat} (%)	+°°		
COD (mg L ⁻¹)	+°	-	+
Carboidratos (mg L ⁻¹)		-	+
Proteínas (mg L ⁻¹)	+		
MPS (mg L ⁻¹)		-°°	+°°
COP (mg L ⁻¹)		-	+
NP (mg L ⁻¹)		-	+
PP (μg L ⁻¹)		-	+
C:N (μmol μmol ⁻¹)	+°	-°°	+°°
C:P(μmol μmol ⁻¹)		-	+
N:P(μmol μmol ⁻¹)	-°		+
CLa (μg L ⁻¹)		-	+

Tabela 15. Correlações de Spearman significativas ($P<0,05$) entre variáveis ópticas e limnológicas, considerando medidas de tendência central (média (°) e mediana (°°)) para o conjunto de sistemas estudados como um todo ($n=5$), no período seco (presente estudo). Ausência de círculo(s) indica correlação significativa tanto para média como para mediana.

Variável	\bar{a}_{MODC} (m ⁻¹)	\bar{a}^*_{MODC} (m ² g ⁻¹ COD)	S (μm ⁻¹)
Profundidade (m)			+°
Temperatura da água (°C)			
pH (-log [H ⁺])		-	+
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)		-	+
Alcalinidade (mEq L ⁻¹)		-	+
O _{2sat} (%)			
CO _{2sat} (%)			
COD (mg L ⁻¹)	+		+
Carboidratos (mg L ⁻¹)	+		+
Proteínas (mg L ⁻¹)	+		+
MPS (mg L ⁻¹)		-	+
COP (mg L ⁻¹)			+°
NP (mg L ⁻¹)			+
PP (μg L ⁻¹)		-°	+
C:N (μmol μmol ⁻¹)			-
C:P(μmol μmol ⁻¹)			
N:P(μmol μmol ⁻¹)			
CLa (μg L ⁻¹)		-°°	+°°

6.8.2. Dinâmica da MODC

De uma forma geral, as relações entre os coeficientes ópticos e as variáveis limnológicas sugerem que águas naturais relativamente independentes também possam apresentar relacionamentos óptico-limnológicos razoavelmente ordenados. A princípio, isso permitiria unificar determinadas características limnológicas às POIs da MODC de ecossistemas aquáticos. No entanto foi possível observar algumas diferenças sazonais no que diz respeito ao comportamento da MODC nos ecossistemas estudados. Sendo assim, foi possível elaborar modelos conceituais sinópticos ou genéricos que procurassem ilustrar a dinâmica da MODC de acordo com as condições climáticas observadas nos dois períodos considerados.

De um modo geral, considerando o período úmido, foi possível observar uma tendência de diminuição no *pool* cromofórico da MOD com o aumento do metabolismo autóctone autotrófico e influência de águas com alcalinidade e conteúdos iônicos relativamente elevados. A maior concentração de MODC no *pool* de MOD foi relacionada com os ecossistemas mais profundos. Possivelmente, a circulação vertical das águas nestes sistemas mais profundos minimiza a exposição do material cromofórico à radiação solar e, conseqüentemente, aos efeitos fotooxidativos. Consistentemente, tem sido reportado maior atividade cromófora em massas d'água profundas do que em águas superficiais, em ambientes marinhos (Nelson e Siegel, 2001). O aumento do metabolismo heterotrófico, bem como o aumento da concentração de MOD pareceu influenciar diretamente o aumento da concentração de cromóforos dissolvidos. Por sua vez, sistemas caracterizados por temperaturas mais elevadas tendem a apresentar uma menor concentração de cromóforos dissolvidos, o que, como anteriormente pontuado, pode estar relacionado a uma maior eficiência de absorção de irradiância e conseqüentes efeitos de fotocloreamento da MODC (Figura 44).

No que diz respeito à dinâmica da MODC no período seco, apesar do menor número de correlações significativas entre variáveis ópticas e limnológicas, foi possível observar alguns padrões em comum com o período úmido. Por exemplo, sistemas que apresentam um estado metabólico autotrófico mais pronunciado, maior alcalinidade e maior conteúdo iônico pareceram suportar um menor conteúdo cromofórico da MOD. Outro padrão comum a ambos os períodos

foi a relação positiva entre a MOD, indexada pelos valores de COD, e a concentração de cromóforos dissolvidos. Por sua vez, não foi observada relação entre a temperatura e os coeficientes ópticos, possivelmente refletindo o efeito da menor irradiância observada no período seco. Diferentemente do observado para o período úmido, sistemas mais profundos tenderam a apresentar valores de S mais elevados, sugerindo uma produção de MODC autóctone (Figura 45).

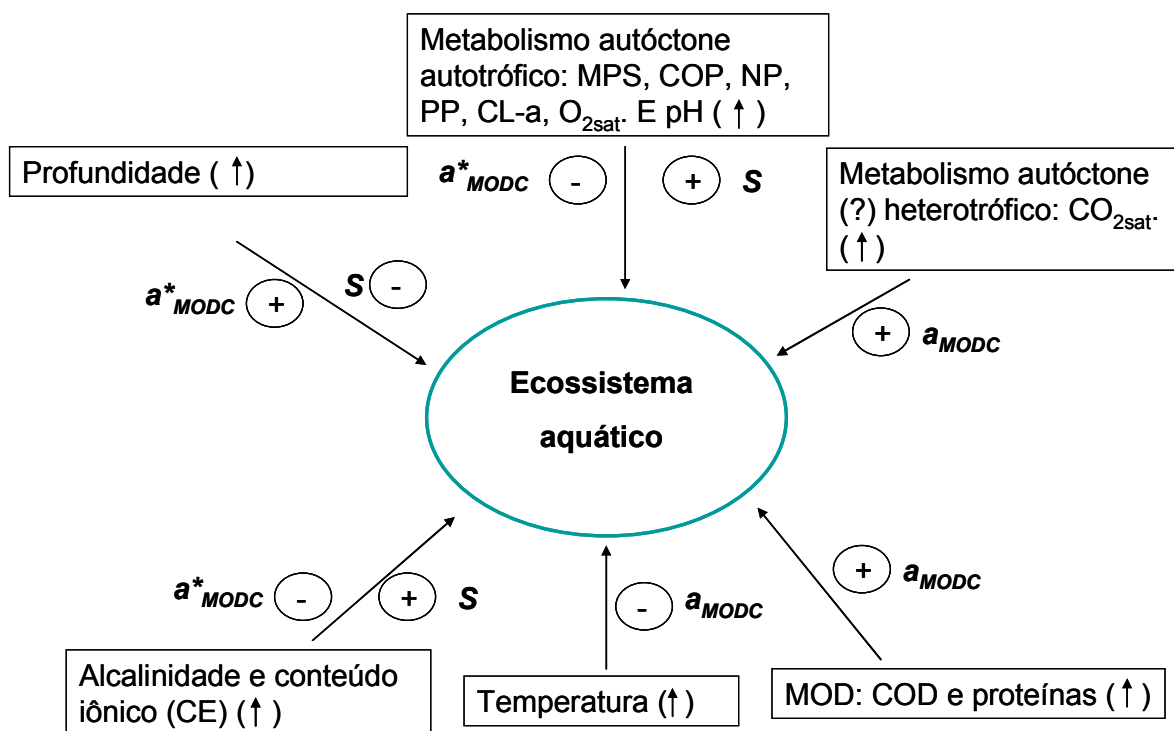


Figura 44 – Modelo conceitual sinóptico ou genérico sobre a dinâmica da MODC para os cinco ecossistemas aquáticos estudados (período úmido).

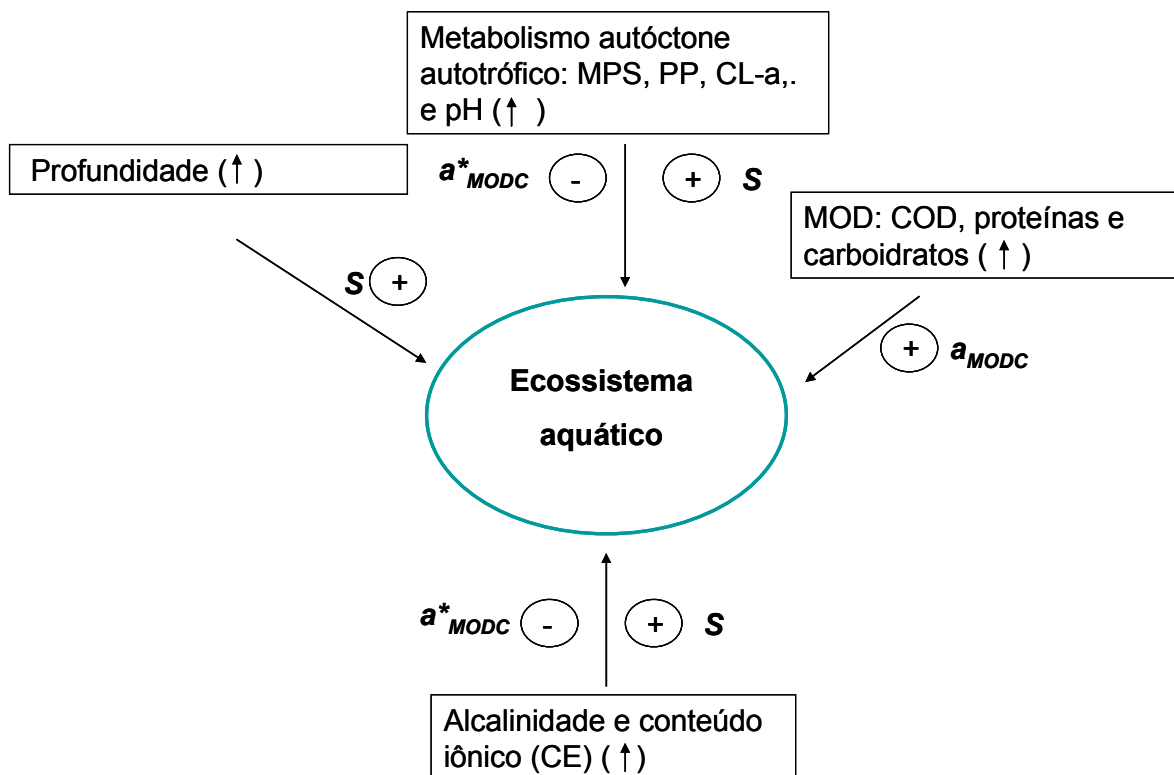


Figura 45 – Modelo conceitual sinóptico ou genérico sobre a dinâmica da MODC para os cinco ecossistemas aquáticos estudados (período seco).

7. CONCLUSÃO

Foi possível reconhecer a emergência de certos padrões sazonais, óptico-limnológicos, que permitiram elaborar modelos conceituais sobre a dinâmica da matéria orgânica dissolvida (cromófora) em escala sistêmica e polissistêmica.

Os padrões sazonais, óptico-limnológicos, evidenciaram a importância do metabolismo autotrófico, no período úmido, e do metabolismo autóctone heterotrófico, no período seco, na transformação das POIs da MODC nos quatro ecossistemas lênticos (lagoas do Campelo, Cima, Grussaí e Iquipari). Complementarmente, no rio Paraíba do Sul, a principal força ambiental referente à variação qualitativa e quantitativa da MODC esteve associada à maior ou menor entrada de material cromóforo alóctone em função dos períodos úmido e seco.

Foi possível sugerir um gradiente de contribuições relativas autóctone/alóctone em função da relação $S-a_{MODC}$, coerentemente marcado pelos extremos: autotrófico, Lagoa do Campelo (maior contribuição relativa autóctone) e lótico, rio Paraíba do Sul (maior contribuição alóctone).

Apesar das evidentes variações sazonais, os coeficientes ópticos da MODC apresentam grande potencial para serem utilizados na caracterização de ecossistemas aquáticos continentais, por integrarem características biológicas, químicas e físicas.

Assume-se que a sazonalidade óptica de águas naturais exemplifique informação útil, potencialmente aplicável ao mapeamento, sistematização, monitoramento e gestão de ecossistemas aquáticos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, M.G. (1998). Geoquímica de metais pesados na Lagoa de Cima, RJ. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, p. 79.

Andrews, S.S. Zafiriou, O. C., Caron, S. (2000). Photochemical oxygen consumption in marine waters: A major sink for colored dissolved organic matter? *Limnol. Oceanogr.*, 45(2): 267-277.

Anesio, A.M., Granéli W. (2003). Increased photoreactivity of DOC by acidification: Implications for the carbon cycle in humic lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 48(2): 735-744.

Arar, J.E. (1997). Method 446.0 - In vitro determination of chlorophylls a, b, c1 + c2 and pheopigments in marine and freshwater algae by visible spectrophotometry - U.S. Environmental Protection Agency - USEPA to Congress EPA publication p. 841.

Azevedo, W.C. de Sá. (2006). Óptica inerente de cinco sistemas aquáticos continentais da região Norte Fluminense: um avaliação intersistêmica. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, p. 118.

Battin, T.J. (1998). Dissolved organic matter and its optical properties in a blackwater tributary of the upper Orinoco river, Venezuela. *Org. Geochem.*, 28: 561-569.

Bricaud, A., Morel, A., Prieur, L. (1981). Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains. *Limnol. Oceanogr.*, 26: 43-53.

Carder, K. L., Stewart, R. G., Harvey, G. R., & Ortner, P. B.(1989). Marine humic and fulvic acids: Their effects on remote sensing of ocean chlorophyll. *Limnology and Oceanography*, 34, 68–81.

Carmouze, J.P. (1994). Metabolismos dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. 1a ed. São Paulo: Edgard Blucher/ Fapesp, p. 254.

César, J.M.C.L. (2006). Fitoplâncton da Lagoa de Cima (Campos dos Goytacazes, RJ): Dinâmica e relação com fatores ambientais. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 86 p.

Chagas, G.G. (2005). Produção primária da macrófita aquática submersa *Egeria densa* Planchon na lagoa do Campelo, RJ - Variação sazonal e Produção diária. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, p. 20.

Chen, Z., Li, Y., Pan, J. (2004). Distributions of colored dissolved organic matter and dissolved organic carbon in the Pearl River Estuary, China. *Continental Shelf Research*, 24: 1845-1856.

Costa, F.J.L. (2003). Estratégias de Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Brasil: Áreas de Cooperação com o Banco Mundial. Água Brasil - série 1, p. 177.

Davies-Colley, R.J., Vant, W.N. (1987). Absorption of light by yellow substance in freshwater lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 32: 416-425.

De Haan, H. (1972). Molecule-size distribution of soluble humic compounds from different natural waters. *Freshwater Biology*, 2: 235-241.

Del Castillo, C.E., Coble, P.G., Morell, J.M., Corredor, J.E. (1999). Analysis of the optical properties of the Orinoco River plume by absorption and fluorescence spectroscopy. *Marine Chemistry*, 66:35-51.

Del Castillo, C.E., Coble, P.G. (2000). Seasonal variability of the colored dissolved organic matter during the 1994-95 NE and SW monsoons in the Arabian Sea. *Deep- Sea Research*. 47: 1563-1579.

Del Vecchio, R., Blough, N.V. (2002). Photobleaching of chromophoric dissolved organic matter in natural waters: kinetics and modeling. *Marine Chemistry*, 78: 231- 253.

Dubois, M., Giles, K.A., Hamilton, J.K. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, Washington, 28(3): 350-356.

Falkowski, P.G. (1994). The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycles. *Photosynthesis Research*, 39: 235-258.

Ferrari, G.M., Dowell, M.D., Grossi, S., Targa, C. (1996). Relationship between the optical properties of chromophoric dissolved organic matter and total concentration of dissolved organic carbon in the Southern Baltic Sea region. *Marine Chemistry*, 55: 299-316.

Ferrari, G.M. (2000). The relationship between chromophoric dissolved organic matter and dissolved organic carbon in the European Atlantic coastal area and in the West Mediterranean Sea Gulf of Lions. *Marine Chemistry*, 70: 339-357.

Figueiredo, R.O. (1999). Transporte de Carbono e Nitrogênio no Baixo Paraíba do Sul: Fluxos e Processos. Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, p. 142.

Gin, K.Y.-H., Koh, S. T., Lin I. I., Chan, E.S. (2002). Application of Spectral Signatures and Colour Ratios to Estimate Chlorophyll in Singapore's Coastal Waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 719-728.

Gran, G. (1952). Determination of equivalent point in potentiometric titration. *Analyst.*, 77: 661-671.

Green, S; Blough, N.V. (1994). Optical absorption and fluorescence properties of chromophoric dissolved organic matter in natural waters. *Limnology and Oceanography*, 39: 1903-1916.

Healey, F.P., Hendzel, L.L. (1980). Physiological indicators of nutrient deficiency in lake phytoplankton. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 442-453.

Hongve, D. (1994). Nutrient metabolism (C, N, P, and Si) in the trophogenic zone of a meromictic lake. *Hydrobiologia*, 277: 17-39.

Huovinen, P. S., Penttilä, H., & Soimasuo, M. R. (2003). Spectral attenuation of solar ultraviolet radiation in humic lakes in central Finland. *Chemosphere*, 51, 205–214.

IOCCG. (2000). Remote Sensing of Ocean Colour in Coastal, and Other Optically-Complex, Waters, in SATHYENDRANATH, S., ed., Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group, Dartmouth, IOCCG, p. 140.

Jones, R.I. (1998). Phytoplankton, primary production and nutrient cycling. p 145-195. In: D.O. Hensen; L.J. Tranvik (Eds.). Aquatic humic substances: Ecology and biogeochemistry. Springer-Verlag.

Keith, D.J.; Yoder, J.A.; Freeman, S.A. (2002). Spatial and temporal distribution of coloured dissolved organic matter (CDOM) in Narragansett Bay, Rhode Island: Implications for phytoplankton in coastal waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 705-717.

Kirk, J.T.O. (1992). The nature and measurement of the light environment in the ocean. In *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*; PG, Falkowski and Woodhead, AD (Eds.). Plenum Press, New York, p. 9-29.

Kirk, J.T.O. (1994). Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. 2nd. ed., *Cambridge University Press*, Cambridge, p. 12-14; 54-58; 61; 71.

Kowalczyk, P., Cooper, W.J., Whitehead, R.F., Durako, M.J., Sheldon, W. (2003). Characterization of CDOM in an organic-rich river and surrounding coastal ocean in the South Atlantic Bight. *Aquat. Sci.*, 65: 384-401.

Laurion I., Ventura M., Catalan J., Psenner R. and Sommaruga R. (2000). Attenuation of ultraviolet radiation in mountain lakes: factors controlling the among- and within-lake variability. *Limnol. Oceanogr.* 45: 1274–1288.

Lindell, M.J.; Graneli, W.; Bertilsson, S. (2000). Seasonal photoreactivity of dissolved organic matter from lakes with contrasting humic content. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57:875-885.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the folin reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275.

Markager, S., & Vincent, W. F. (2000). Spectral light attenuation and the absorption of UV and blue light in natural waters. *Limnology and Oceanography*, 45, 642 – 650.

MMA. (1999). Programa Nacional da Diversidade Biológica. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. Disponível na internet via WWW. URL: <http://www.bdt.fat.org.br/workshop/costa/sumario/grupos1-5>. Última atualização em 26 de abril de 2004.

MMA. (1999). Programa Nacional da Diversidade Biológica. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. Disponível na internet via WWW. URL: <http://www.bdt.fat.org.br/workshop/costa/introducao>. Última atualização em 26 de abril de 2004.

Mollot, L. A.; Keller, W.; Leavitt, P.R.; Robarts, R.D.; Waiser, M.J.; Arts, M.T.; Clair, T.A.; Pienitz, Yan, N.D.; McNicol, D.M.; Prairie, Y.T.; Dillon, P.J.; Macrae, M.; Bello, R.; Nordin, R.N.; Curtis, P.J.; Smol, J.P.; Douglas, M.S.V. (2004). Risk

analysis of dissolved organic matter – mediated ultraviolet B exposure in Canadian inland waters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 61: 2511 – 2521.

Moran, M.A., Sheldon Jr., W.M., Zeep, R.G. (2000). Carbon loss and optical property changes during long-term photochemical and biological degradation of estuarine dissolved organic matter. *Limnol. Oceanogr.*, 45(6): 1254-1264.

Morris D.P. and Hargreaves B.R. (1997). The role of photodegradation of dissolved organic carbon in regulating transparency of three lakes on the Pocono Plateau. *Limnol. Oceanogr.* 42: 239–249.

Nelson, N.B., Carlson, C.A., Steinberg, D.K. (2004). Production of chromophoric dissolved organic matter by Sargasso Sea microbes. *Marine Chemistry* 89: 273-287.

Osburn, C.L., Zagarese, H.E., Morris, D.P., Hargreaves, B.R., Cravero, W.E. (2001a). Calculation of spectral weighting functions for the solar photobleaching of chromophoric dissolved organic matter in temperate lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 44(6): 1455-1467.

Osburn C.L., Morris D.P., Thorn K.A. and Moeller R.E. (2001b). Chemical and optical changes in freshwater dissolved organic matter exposed to solar radiation. *Biogeochemistry* 54: 251–278.

Pace, M.L., Cole, J.J. (2002). Synchronous variation of dissolved organic carbon and color in lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 47(2): 333-342.

Pedrosa, P. (1999). Padrões de comportamento espaço temporal do meio líquido da lagoa de Cima (Campos, RJ): Aspectos físicos e tróficos, metabolismo e organização sistêmica. Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, p. 59; 129.

Pedrosa, P., Calasans, C.V.C., Rezende, C.E. (1999). Particulate and dissolved phases as indicators of limnological and ecophysiological spatial variation in Cima Lake system, Brazil: a case study. *Hidrobiologia*, 411: 89-101.

Pedrosa, P., Totti, M.E.F., Rezende, C.E. (2004). Environmental sustainability at the hierarchical level of lake systems. *Int. J. Sustainable Development*, 7:185-199.

Pedrosa, P. (2007). Optical resilience of the Paraíba do Sul River (Brazil) during a toxic spill of a wood-pulping factory: the Cataguazes accident. *Environ. Monit. and Assess.*, 129:137-150.

PLANÁGUA - SEMADS/GTZ (2001). Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses. *Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - RJ*, p. 73.

PLANÁGUA - SEMADS/GTZ (2002). Lagoas do Norte Fluminense. *Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - RJ*. p.148.

Radambrasil .(1983). Levantamento de Recursos Naturais. Folhas SF 23/24. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro-Vitória, v. 32, 775p.

Rae, R., Howard-Williams, C., Hawes, I., Schwarz, A.-M., Vicent, W.F. (2001). Penetration of solar ultraviolet radiation into New Zealand lakes: influence of dissolved organic carbon and catchment vegetation. *Limnology* 2: 79-89.

Reche, I., Pace, M.L. & Cole, J.J. (1999). Relationship of trophic and chemical conditions to photobleaching of dissolved organic matter in lake ecosystems. *Biogeochemistry*, 44:259-280.

Rezende, C.E., Ovalle, Á.R.C., Pedrosa, P., Nascimento, M. T.; Suzuki, M. S., Miranda C.R., Monteiro L. R., Pedlowski, M.A., Mazurec A. P., Erbesdobler E. & Kristosch, G. C. (2006) Diagnóstico Ambiental da Área de Proteção Ambiental da Lagoa de Cima. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Editora da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 144 pp.

Rochelle-Newall, E.J., Fisher, T.R. (2002). Chromophoric dissolved organic matter and dissolved organic carbon in Chesapeake Bay. *Marine Chemistry*, 77: 23-41.

Shin, H.S.; Lim, K.H. (1996). Spectroscopic and elemental investigation of microbial decomposition of aquatic fulvic acids in biological process of drinking water treatment. *Biodegradation*, 7: 287-295.

Silva, C.F. (2000). Hidrogeoquímica fluvial da porção inferior do rio Paraíba do Sul, RJ. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, p. 48; 58; 59.

Siqueira, É.S. (2006). Indicações de eutrofização por fósforo em um sistema flúviolacustre na região norte do Estado do Rio de Janeiro. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, p. 30.

Stedmon, C.A., Markager, S., Kaas, H. (2000). Optical properties and signatures of Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM) in Danish coastal waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51: 267-278.

Stedmon C.A., Markager, S. (2001). The optics of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in the Greenland Sea: An algorithm for differentiation between marine and terrestrially derived organic matter. *Limnol. Oceanogr.*, 46(8): 2087-2093.

Stedmon, C.A., Markager, S. (2003). Behaviour of the optical properties of coloured dissolved organic matter under conservative mixing. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57: 973-979.

Suhett, A.L.; Amado, A.M.; Enrich-Prast, A.; Esteves, F.A.; Farajalla, V.F. (2007). Seasonal changes of dissolved organic carbon photo-oxidation rates in a tropical humic lagoon: the role of rainfall as a major regulator. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64 (9): 1266-1272.

Suzuki, M.S. (1997). Abertura da barra da Lagoa de Grussaí, São João da Barra, RJ: aspectos hidroquímicos, dinâmica da comunidade fitoplanctônica e metabolismo. Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 125 p.

Suzuki, M.S.; Ovalle, A.R.C.; Pereira, E.A. (1998). Effects of sand bar openings on some limnological variables in a hypertrophic tropical coastal lagoon of Brazil. *Hydrobiologia*, 368: 111-122.

Suzuki, M.S., Figueiredo, R.O., Castro, S.C., Silva, S.C., Pereira, C.F., Silva, J.A., Aragon, G.T. (2002). Sand bar opening in a coastal lagoon (Iquipari) in the Northern Region of Rio de Janeiro State: hydrological and hydrochemical changes. *Braz. J. Biol.*, 62(1): 51-62.

Tranvik, L.J. (1988). Availability of dissolved organic carbon for planktonic bacteria in oligotrophic lakes of differing humic content. *Microbial Ecol.*, 16: 311 – 322.

Twardowski, M. S., Boss, M., Sullivan, J. M., & Donaghay, P. L. (2004). Modeling the spectral shape of absorption by chromophoric dissolved organic matter. *Marine Chemistry*, 89, 69– 88. *Environ Monit Assess*

Vähätalo, A.V.; Wetzel, R.G. 2004. Photochemical and microbial decomposition of chromophoric dissolved organic matter during long (month-years) exposures. *Marine Chemistry*, 89: 313-326.

Vodacek, A, Blough, N.V., DeGrandpre, M.D., Peltzer E.T., Nelson, R.K. (1997). Seasonal Variation of CDOM and DOC in the Middle Atlantic Bight: Terrestrial Inputs and Photooxidation. *Limnol. Oceanogr.* 42: 674-686.

Waiser, M.J., Roberts, R.D. (2004). Photodegradation of DOC in a shallow prairie wetland: evidence from seasonal changes in DOC optical properties and chemical characteristics. *Biogeochemistry* 69: 263-284.

Weber, E. J.; Duarte, G. F; Frank, M.; Hoff, R.; Zomer, S.; Bassani, E.; Junqueira, I. 1998. Estruturação de sistemas de informação ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do rio Caí - RS Congresso e feira para usuários de geoprocessamento, 4. Anais... Curitiba/PR.

Wetzel, R.G. (1983). *Limnology*. 2nd. ed.,. Saunders Publishing.

Williamson, C.E., Morris, D. P., Pace, M. L., Olson, O.G. (1999). Dissolved organic carbon and nutrients as regulators of lake ecosystems: Resurrection of a more integrated paradigm. *Limnol. Oceanogr.*, 44(3, part 2): 795-803.

Yacobi, Y.Z., Alberts, J.J., Takács, M., McElvaine, M. (2003). Absorption spectroscopy of colored dissolved organic carbon in Georgia (USA) rivers: the impact of molecular size distribution. *J. Limnol.*, 62(1): 41-46.

9. APÊNDICE

APÊNDICE A. Correlações entre os coeficientes ópticos – \bar{a}_{MODC} (m^{-1}), \bar{a}^*_{MODC} ($m^2 g^{-1} C$) e S (μm^{-1}) – e variáveis meteorológicas – temperatura do ar ($^{\circ}C$, média semanal), velocidade do vento ($m s^{-1}$, média semanal) e insolação ($MJ m^{-2} semana^{-1}$), no período seco. Correlações significativas ($p < 0,05$), positivas ou negativas, são assinaladas, respectivamente, como + ou -.

Campelo	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$	+		
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$			
S_{UV-B}			
S_{UV-A}			
$S_{300-650}$			
Cima	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$		-	
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$		-	
S_{UV-B}	-		
S_{UV-A}			
S_{RFA}			
$S_{300-650}$			
Grussaí	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$	+		
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$			
S_{UV-B}			
S_{UV-A}			
S_{RFA}			
$S_{300-650}$			
Iquiari	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$		+	
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$			
S_{UV-B}	+		
S_{UV-A}			
S_{RFA}			
$S_{300-650}$			
RPS	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$			
S_{UV-B}			
S_{UV-A}			
S_{RFA}			
$S_{300-650}$			

APÊNDICE B. . Correlações entre os coeficientes ópticos – \bar{a}_{MODC} (m^{-1}), \bar{a}^*_{MODC} ($m^2 g^{-1} C$) e S (μm^{-1}) – e variáveis físico-químicas – temperatura da água ($^{\circ}C$), profundidade (m), pH, condutividade elétrica ($mS cm^{-1}$) e alcalinidade ($mEq L^{-1}$), no período seco. Correlações significativas ($p < 0,05$), positivas ou negativas, são assinaladas, respectivamente, como + ou -.

Campelo	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$		-		+	
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$		-		+	
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$		-			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$					
S_{UV-B}					
S_{UV-A}		-		+	
$S_{300-650}$					
Cima	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$					
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$					
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$					
S_{UV-B}					
S_{UV-A}		+			-
S_{RFA}					
$S_{300-650}$					
Grussaí	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$	+				+
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$	+				
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$					
S_{UV-B}					
S_{UV-A}					
S_{RFA}					
$S_{300-650}$					
Iquipari	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$				-	
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$				-	
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$	-			-	
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$					
S_{UV-B}	+			+	
S_{UV-A}					
S_{RFA}				+	
$S_{300-650}$					
RPS	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$		+			
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$		+			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$		+			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$		+			
S_{UV-B}					
S_{UV-A}					
S_{RFA}					
$S_{300-650}$	+	-			

10. ANEXO

ANEXO A. Correlações entre os coeficientes ópticos – \bar{a}_{MODC} (m^{-1}), \bar{a}^*_{MODC} ($m^2 g^{-1} C$) e S (μm^{-1}) – e variáveis meteorológicas – temperatura do ar ($^{\circ}C$, média semanal), velocidade do vento ($m s^{-1}$, média semanal) e insolação ($MJ m^{-2} semana^{-1}$), no período úmido (Azevedo, 2006). Correlações significativas ($p < 0,05$), positivas ou negativas, são assinaladas, respectivamente, como + ou -.

Campelo	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$			
S_{UV-B}			
S_{UV-A}			
$S_{300-650}$			
Cima	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$	+		+
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			+
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$			
S_{UV-B}			
S_{UV-A}			
S_{RFA}			
$S_{300-650}$			
Grussaí	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$			
S_{UV-B}			
S_{UV-A}			
S_{RFA}			+
$S_{300-650}$			
Iquipari	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$			
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$			
S_{UV-B}			
S_{UV-A}			
S_{RFA}			+
$S_{300-650}$			
RPS	Temperatura do ar	Insolação	Velocidade do vento
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$	+	-	+
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$	+	-	+
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$	+	-	+
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$	+	-	+
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$	+	-	+
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$	+	-	+
S_{UV-B}			
S_{UV-A}	-		
S_{RFA}	-	+	
$S_{300-650}$	-	+	-

ANEXO B. Correlações entre os coeficientes ópticos – \bar{a}_{MODC} (m^{-1}), \bar{a}^*_{MODC} ($m^2 g^{-1} C$) e S (μm^{-1}) – e variáveis físico-químicas – temperatura da água ($^{\circ}C$), profundidade (m), pH, condutividade elétrica ($mS cm^{-1}$) e alcalinidade ($mEq L^{-1}$), no período úmido (Azevedo, 2006). Correlações significativas ($p < 0,05$), positivas ou negativas, são assinaladas, respectivamente, como + ou -.

Campelo	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$		+		-	-
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$		+		-	-
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$					-
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$		+		-	-
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$		+		-	-
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$					-
S_{UV-B}					+
S_{UV-A}					
S_{RFA}				+	
$S_{300-650}$				+	+
Cima	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$		+			
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$		+			
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$		+			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$		+			
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$					
S_{UV-B}					
S_{UV-A}					
S_{RFA}					
$S_{300-650}$					
Grussaí	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$				-	
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$				-	
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$				-	
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$					
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$				-	
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$				-	
S_{UV-B}			+		
S_{UV-A}				+	
S_{RFA}				+	
$S_{300-650}$				+	
Iquiari	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$				+	+
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$				+	+
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$			-	+	+
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$				+	+
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$				+	+
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$				+	+
S_{UV-B}			+	-	-
S_{UV-A}				-	-
S_{RFA}			+		
$S_{300-650}$		-	+	-	-
RPS	Temp. da água	Profundidade	pH	Cond. elétrica	Alcalinidade
$\bar{a}_{MODC(UV-B)}$		+	-		
$\bar{a}_{MODC(UV-A)}$		+	-		
$\bar{a}_{MODC(RFA)}$		+	-		
$\bar{a}^*_{MODC(UV-B)}$		+	-		+
$\bar{a}^*_{MODC(UV-A)}$		+	-		+
$\bar{a}^*_{MODC(RFA)}$		+	-		
S_{UV-B}		-	+		
S_{UV-A}		-	+		
S_{RFA}		-	+		
$S_{300-650}$		-	+		

