

CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA TIPOLOGIA DE
LAGOS TEMPERADOS A LAGOS TROPICAIS

ESTEVES, F.A.*

RESUMO

A Tipologia de lagos com base no seu estado trófico foi desenvolvida em regiões temperadas e nos lagos desta região tem sido aplicada com muito sucesso. No entanto a aplicação desta tipologia em lagos tropicais tem se mostrado inadequada e em muitas vezes inviável, visto que estes ecossistemas apresentam padrões de metabolismo completamente diferenciados dos ecossistemas lacustres temperados. Assim os indicadores mais utilizados na tipologia de lagos temperados, como: concentração de matéria orgânica no sedimento, concentração de oxigênio no hipolímnio, produção fitoplanctônica (perfil de produção e magnitude desta), diversidade de espécies fitoplanctônicas entre outras, quando aplicado a lagos tropicais, permitem classificar o mesmo ecossistema em diferentes categorias.

No caso do sedimento, os lagos tropicais em virtude da alta temperatura da coluna d'água, são quase sempre pobres em matéria orgânica, como os lagos oligotróficos de re

* Departamento de Ciências Biológicas da UFSCar

giões temperadas. A alta temperatura dos lagos tropicais, também é responsável pelos déficits de oxigênio no hipolíminio, resultando, perfis verticais, quase sempre do tipo clinogrado, como nos lagos temperados eutróficos. Quanto à concentração de nutrientes os lagos tropicais são na maioria das vezes enquadrados como lagos oligotróficos. No entanto, a alta taxa de reciclagem garante em termos anuais, altos valores de produtividade fitoplanctônica, semelhantes àqueles de lagos eutróficos temperados. Além disso, o padrão de distribuição vertical da produtividade primária, gera perfis semelhantes àqueles propostos por FINDENEGG (1964) para lagos eutróficos temperados. Em lagos temperados alguns grupos de algas, como o das cianofíceas, são considerados como indicadores de condições eutróficas. No entanto em lagos tropicais estas algas têm sido encontradas em lagos com concentrações de nutrientes muito baixas.

Este trabalho fornece subsídios para concluir que a tipologia de lagos tropicais, com base nos indicadores de lagos temperados, possibilita enquadrar a grande maioria daqueles ecossistemas no tipo eutrófico. Além disso tenta mostrar que se considerarmos a tipologia de lagos, em termos de latitude, constata-se que a medida que nos afastamos do equador, as condições ambientais tornam-se cada vez mais favoráveis para o surgimento de lagos oligotróficos e dos favoráveis para eutróficos.

ABSTRACT - CONSIDERATIONS ON THE APPLICATION OF TYPOLOGY OF TEMPERATE LAKES TO TROPICAL LAKES

Typology of lakes based on trophic level was developed in temperate regions, where it has been applied with much success. However the application of this typology to tropical lakes has shown itself inadequate and in many cases inviable, since these ecosystems show metabolic patterns completely different from temperate lacustrine ecosystems.

Thus those indicators which are most utilized in typology of temperate lakes, as: concentration of organic material in the sediment, concentration of oxygen in the hypolimnion, phytoplanktonic production (production profile and its magnitude), and diversity of phytoplanktonic species, among others, when applied to tropical lakes permit classification of the same ecosystem in different categories.

In the case of sediment, tropical lakes by reason of high water column temperature are almost always poor in organic matter, like oligotrophic lakes in temperate regions. The high temperatures of tropical lakes are also responsible for hypolimnetic oxygen deficits, resulting in vertical profiles which are almost always of the clinograde type, as in eutrophic temperate lakes. As for nutrient concentration, tropical lakes are in most cases grouped with oligotrophic lakes; however, high recycling rates guarantee in annual terms high phytoplanktonic productivity, similar to temperate eutrophic lakes. Besides, the pattern of vertical distribution of primary productivity generates profiles similar to those proposed by FINDENEGG (1964) for eutrophic temperate lakes. In temperate lakes some algal groups, such as the cyanophyceans, are considered as indicators of eutrophic conditions, while in tropical lakes these algae have been found in lakes with extremely low nutrient concentrations.

This work forms a basis for concluding that the typology of tropical lakes, based on the indicators of temperate lakes, makes possible the inclusion of the great majority of these eutrophic ecosystems. Besides, it attempts to show that if we consider lake typology in terms of latitude, it is established that as we distance ourselves from the equator, environmental conditions become more favorable for the development of oligotrophic lakes and for eutrophic systems.

INTRODUÇÃO

Já no início deste século, foram feitas várias propostas para a classificação de lagos (tipologia). A maioria baseava-se somente em variáveis climatológicas, geológicas ou morfométricas. Uma das primeiras classificações foi sugerida por FOREL (1901) e baseava-se na distribuição geográfica dos lagos. Segundo esta classificação, os lagos poderiam ser agrupados em sub-polares, temperados e tropicais. Já WELCH (1935) e HUTCHINSON & LÖFFLER (1956) classificaram os lagos segundo o tamanho e o padrão de estratificação térmica respectivamente.

As primeiras tentativas concretas de classificação de lagos do ponto de vista trófico foram feitas por BIRGE & JUDAY (1911), THIENEMANN (1913) e NAUMANN (1921). Estes autores partiram de diferentes abordagens para chegarem ao mesmo objetivo.

BIRGE & JUDAY (1911, 1926) utilizaram o padrão de distribuição de oxigênio na coluna d'água para classificar os lagos e correlacionaram as concentrações deste gás com a densidade do fitoplâncton. Segundo estes autores o perfil ortogrado (que evidencia oxigênio em toda a coluna d'água) é típico de lagos oligotróficos, enquanto o perfil clinogrado (mostra redução da concentração no hipolímnio) identifica lagos eutróficos.

THIENEMANN (1913), que era um grande zoólogo, especialista em quironomídeos, utilizou a distribuição das larvas destes insetos para classificar os lagos alemães e, posteriormente, para embasar sua tipologia (Seetypenlehre). Este autor constatou, ao pesquisar os lagos vulcânicos da região de Eifel, a existência de distribuição diferenciada dos gêneros *Tanytarsus* e *Chironomus* nos lagos por ele estudados. O gênero *Tanytarsus* ocorria em maior densidade nos lagos que durante o verão (período de estratificação térmica), apresentavam oxigênio em toda a coluna d'água. Por outro lado o gênero *Chironomus* ocorria em maior densidade naqueles lagos

em que o oxigênio apresentava-se em baixas concentrações no mesmo período. THIENEMANN denominou os primeiros lagos de alpinos pela semelhança com os lagos da região dos Alpes e o segundo grupo de báltico, pela semelhança com os lagos da planície báltica (norte da Alemanha). Pode-se, portanto, considerar os lagos da região de Eifel como a origem de toda a tipologia moderna.

NAUMANN (1921), por outro lado, lançou mão das concentrações de fósforo, nitrogênio e matéria orgânica da coluna d'água e do sedimento, assim como da densidade do fitoplâncton para classificar os lagos suecos. Este pesquisador, utilizando-se da mesma classificação de solos da época, propôs o termo oligotrófico para designar aqueles lagos com baixas concentrações de nutrientes, tanto na coluna d'água como no sedimento e com baixa densidade populacional de algas. Para os lagos com altas concentrações de nutrientes na água e no solo, e altas densidades populacionais de algas, NAUMANN sugeriu o termo eutrófico, que era termo utilizado para designar solos férteis.

Pesquisas mais detalhadas realizadas por THIENEMANN (1928) e NAUMANN (1930) mostraram que o tipo alpino proposto pelo primeiro autor correspondia ao tipo oligotrófico e o tipo báltico, ao eutrófico, denominações estas que passaram a prevalecer na literatura.

Estudos sobre a tipologia de lagos passaram a ser muito freqüentes na Europa e E.U.A. e em conseqüência novos indicadores para cada tipo de lago foram descobertos, como por exemplo a biotividade proposta por OHLE (1956), que representa a razão entre a produção e a decomposição do sistema (taxa de reciclagem). Desta maneira, atualmente a tipologia de lagos a partir do estado trófico é feita não só com base em um único indicador, mas sim, em vários concomitantemente, como: produção primária do fitoplâncton, concentração de clorofila, concentração de nutrientes, biomassa e diversidade do plâncton, concentração de matéria orgânica do sedimento, etc. Todas estas variáveis em conjunto, possibilitam distinguir os diferentes tipos de lagos em três grupos, segundo o nível de produção do ecossis-

tema: oligotrófico, mesotrófico e eutrófico.

A discussão sobre a tipologia de lagos foi intensa até a década de 1950 e trouxe grandes avanços à Limnologia. Este período, denominado como a fase descritiva do desenvolvimento da Limnologia (ESTEVES, 1982), caracteriza-se pelo enfoque descritivo daquelas pesquisas e, além disso, pela busca das relações de causa e efeito.

A tipologia de lagos foi, no entanto, desenvolvida e aplicada por várias décadas a ecossistemas lacustres de regiões temperadas e somente há poucos anos, com o desenvolvimento das pesquisas limnológicas nos trópicos, tem sido aplicada aos lagos desta região. Este procedimento, contudo, tem-se mostrado inadequado e muitas vezes inviável. Isto porque a tipologia desenvolvida em regiões temperadas utiliza-se de inúmeros indicadores físico-químicos e biológicos, característicos somente para os diferentes tipos de ecossistemas lacustres daquela região. Em regiões tropicais, por outro lado, tem-se observado que o mesmo lago pode apresentar simultaneamente características oligotróficas e eutróficas ou alternar as mesmas ao longo do ano, em função de fenômenos meteorológicos como estação seca e de chuva.

Não menos importante é o fato de que a grande maioria dos lagos tropicais são rasos e com padrões de circulação da massa d'água muito diferenciada daqueles de regiões temperadas. Este fato, associado à elevada temperatura a que estes ecossistemas estão submetidos, impregnam aos lagos tropicais metabolismo próprio e peculiar.

Diante destes fatos, deve-se questionar a aplicação da tipologia de lagos atualmente utilizada em regiões temperadas, no que diz respeito a sua utilização em lagos tropicais.

DISCUSSÃO

Já nas primeiras propostas sobre tipologia de lagos de regiões temperadas com base no estado trófico, a concentração de matéria orgânica do sedimento foi utilizada, no

tadamente por NAUMANN (1930), na classificação destes ecossistemas. Segundo este autor, nos lagos temperados com alta densidade fitoplanctônica, ocorre a formação de grandes quantidades de detritos orgânicos, cuja maior parte deposita-se e forma o sedimento (tipo gyttja). Este processo possibilita a formação de sedimentos ricos em matéria orgânica e nutrientes.

Por outro lado, em lagos oligotróficos temperados, com baixa densidade populacional fitoplanctônica, observa-se sedimentos pobres em matéria orgânica (< 10% peso seco) e nutrientes (UNGEMACH, 1960). A formação deste sedimento, tipo mineral, nos lagos oligotróficos, é explicada pelo fato de que, o pouco detrito orgânico formado, é em grande parte decomposto já durante o processo de sedimentação, que é facilitado pela maior profundidade destes em relação aos lagos eutróficos (THIENEMANN, 1928).

Para a utilização do indicador "concentração de matéria orgânica do sedimento" na tipologia de lagos tropicais, deve-se considerar as altas taxas de decomposição que ocorrem nestes ecossistemas. Enquanto em lagos de regiões temperadas a temperatura média da coluna d'água raramente ultrapassa 15°C, mesmo no verão, em lagos tropicais, durante a maior parte do ano, é superior a 25°C. Este fato é de fundamental importância para os processos biológicos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos tropicais. Dentre estes, pode-se destacar o processo de decomposição. Como exemplo do efeito da temperatura sobre este, podem ser citados os dados obtidos por HOBIE (1971) para a taxa de decomposição de glicose em lagos suecos. Este autor encontrou taxas de reciclagem de glicose no verão de apenas 10 horas, enquanto no inverno de mais de 1000 horas.

Pode-se concluir, então, que em lagos tropicais, o processo de decomposição ocorre muito mais rapidamente do que em lagos temperados. Como consequência deste fenômeno, a maior parte da matéria orgânica produzida na zona eufótica destes lagos é aí mesmo decomposta. Como exemplo podem

ser citados os resultados obtidos na Represa de Três Marias (MG) por BEZERRA & ESTEVES (em preparação), os quais mostraram que a quase totalidade do nitrogênio contido no detrito originário do fitoplâncton é reciclado na própria coluna d'água. O resultado deste fenômeno é a baixa taxa de sedimentação da matéria orgânica e nutrientes, conseqüentemente predominando a formação de sedimento do tipo mineral (Tab. 1). Somente em ecossistemas lacustres tropicais, com produtividade primária muito elevada (altas densidades populacionais de fitoplâncton e/ou macrófitas aquáticas) ou com alta contribuição de material orgânico alóctone, pode-se formar sedimento tipicamente orgânico, correspondendo àqueles encontrados em lagos eutróficos de regiões temperadas.

Desta maneira, a concentração de matéria orgânica do sedimento de lagos tropicais não reflete, como em lagos temperados, a magnitude da produção do ecossistema (Tab. 1). Somente aqueles que evidenciam altos teores, podem fornecer indicações de um sistema com elevada taxa de produção primária, a qual pode corresponder àquela observada somente em lagos hipereutróficos temperados (eutrofizados artificialmente).

Desde que foi proposto por BIRGE & JUDAY (1926), a distribuição vertical ou perfil vertical de oxigênio tem sido um dos indicadores mais utilizados na tipologia de lagos temperados. Nestes lagos, observa-se, no verão, que o oxigênio distribui-se de maneira diferenciada em lagos eutróficos e oligotróficos. Nos primeiros, ocorre devido à alta produtividade primária, e à formação de grande quantidade de detritos orgânicos que se decompõem no hipolímnio. Este processo é responsável pelo forte déficit de oxigênio nesta região da coluna d'água. Nos lagos eutróficos temperados este fenômeno é facilitado ainda mais pelo reduzido volume do hipolímnio, em relação ao volume do epilímnio (THIENEMANN, 1928). Como conseqüência da formação, nestes lagos, de uma camada produtora de oxigênio (zona eufótica, que geralmente corresponde ao epilímnio) e de uma região consumidora de oxí

Tabela 1 - Concentração de matéria orgânica no sedimento de lagos oligotróficos e eutróficos de regiões temperadas, em comparação com lagos e lagoas costeiras tropicais.

Ecossistema	X Matéria orgânica no sedimento
LAGOS OLIGOTRÓFICOS DE REGIÃO TEMPERADA	
L. Maggiore (Itália)*	< 5
L. Genfer (Suíça)*	
L. Walen (Suíça)*	
L. Konstanz (Alemanha-Suíça)*	
LAGOS EUTRÓFICOS DE REGIÃO TEMPERADA	
L. Kolk (Alemanha)*	45-70
L. Pluss (Alemanha)*	
L. Schnaper (Alemanha)*	
LAGOAS COSTEIRAS TROPICAIS	
(Média de 13 Lagoas do Estado do Rio de Janeiro)***	21,7
LAGOS TROPICAIS	
(Média de 17 Lagos do Estado do Espírito Santo)****	12,9

* UNGEMACH (1960)

** ESTEVES (1983)

*** ESTEVES et al (1984)

**** ESTEVES et al (em preparação)

gênio (hipolímnio), o perfil de oxigênio neste período é tipicamente clinogrado.

Em lagos oligotróficos de regiões temperadas, por outro lado, as concentrações de detritos não são suficientes para causar déficit de oxigênio no hipolímnio. Assim a concentração de oxigênio nestes lagos mantém-se constante ao longo da coluna d'água, resultando um perfil do tipo ortogrado. Em muitos lagos oligotróficos, ao contrário, observa-se, em decorrência da temperatura mais reduzida no hipolímnio, aumento da solubilidade, conseqüentemente elevação da concentração de oxigênio nesta região da coluna d'água.

Como decorrência das altas taxas de decomposição observadas em lagos tropicais, resultante da elevada temperatura, e a conseqüente elevação da taxa de consumo de oxigênio, segundo RUTTNER (1940) de 4 a 9 vezes maior do que em lagos temperados, a grande maioria destes lagos até agora estudados, tem evidenciado perfil do tipo clinogrado, independentemente da magnitude de produção do ecossistema (Fig. 1). Como exemplo pode ser citado o caso da Lagoa (laguna) Iodada (RJ), que apesar de apresentar biomassa de fitoplâncton muito baixa ($0,8 \mu\text{g}$ clorofila/l) correspondente a lagos ultra-oligotróficos de regiões temperadas, apresenta perfil de oxigênio clinogrado (Fig. 1).

Mesmo em ecossistemas lacustres tropicais rasos e turbulentos como a Represa do Lobo (SP), TUNDISI et al (1977) encontraram perfil clinogrado. Somente em algumas lagunas e lagos costeiros rasos, durante o período em que estão submetidos à ação de fortes ventos, tem-se observado perfis de oxigênio do tipo ortogrado (ESTEVEZ et al, 1984).

A concentração de nutrientes, notadamente os diferentes compostos de fosfato e nitrogênio, é um dos indicadores mais freqüentemente utilizados na tipologia de lagos temperados. A diferença de concentração destes compostos, nos lagos eutróficos e oligotróficos desta região, é observada tanto na coluna d'água, como no sedimento. Vários autores (VOLLENWEIDER, 1968; WETZEL, 1975, entre outros), esta-

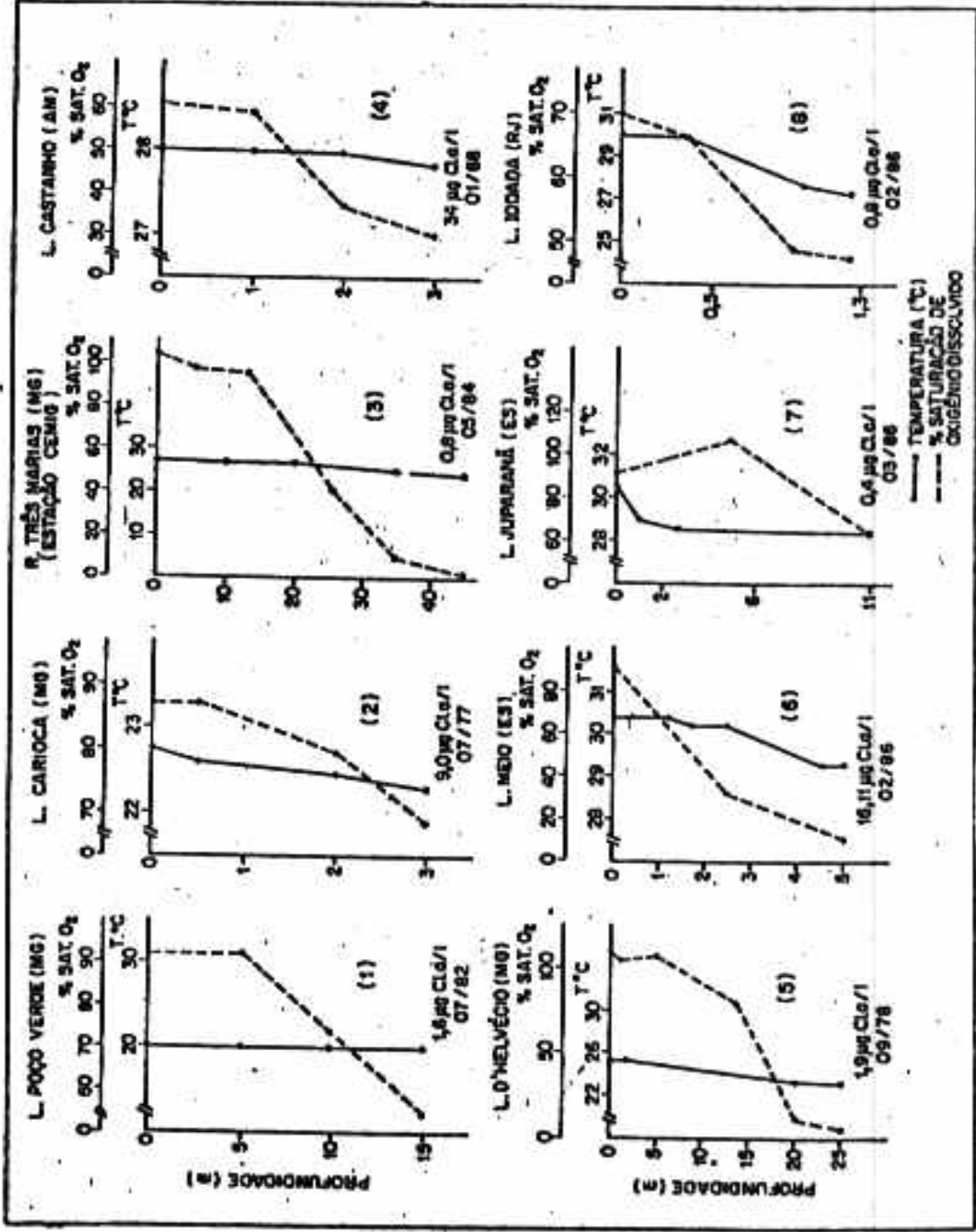


Figura 1 - Perfis verticais de temperatura e oxigênio dissolvido em vários ecossistemas lacustres brasileiros. Observa-se o forte déficit de oxigênio na parte inferior da coluna d'água independentemente do seu padrão de estratificação térmica e também da biomassa fitoplanctônica. (1) ESTEVES et al (1983); (2) BARBOSA (1981); (3,6,7 e 8) ESTEVES (dados não publicados); (4) SCHMIDT (1973).

beleceram limites de concentração, segundo as quais, pode-se identificar o nível trófico de lagos temperados.

Em lagos tropicais tem-se observado que a concentração de nutrientes dissolvidos na água e no sedimento geralmente é baixa, correspondendo àquelas encontradas em lagos oligotróficos temperados (SCHMIDT, 1973; BEADLE, 1974; ESTEVES et al, 1984). Muito raramente tem-se encontrado lagos tropicais cuja concentração de nutrientes dissolvidos na coluna d'água seja equivalente àquela de lagos eutróficos temperados. Nestes casos, os ecossistemas estão localizados em áreas muito férteis ou são lagos submetidos a processo de eutrofização artificial. Desta maneira a utilização da concentração de nutrientes na tipologia de lagos tropicais não parece adequada.

A produtividade primária do fitoplâncton tem sido utilizada como indicador do estado trófico de lagos temperados de duas maneiras: através do padrão de distribuição da produtividade ao longo da coluna d'água (perfil vertical da produtividade) e da magnitude da produtividade do ecossistema (Tab. 2).

Tabela 2 - Relação entre o estado trófico de lagos temperados e o nível de produção do fitoplâncton (segundo LIKENS, 1975, modificado).

Estado trófico	Produção fitoplanctônica
	mg C m ⁻² d ⁻¹
Ultraoligotrófico	< 50
Oligotrófico	50- 300
Mesotrófico	250-1000
Eutrófico	600-8000

A distribuição vertical da produtividade é influenciada principalmente pela intensidade de radiação luminosa, que influencia diretamente a fotossíntese do fitoplâncton, através da quantidade e da qualidade da energia disponível e, indiretamente, controlando a disponibilidade de nutrientes, através da estratificação e desestratificação da massa d'água. Em função destes fatores e de outros (transparência da água, desenvolvimento do fitoplâncton, fatores endógenos às comunidades, etc...), podem ser formados diferentes tipos de perfis verticais de produtividade fitoplanctônica. A formação destes perfis foi estudada detalhadamente por FINDENEGG (1964) em vários lagos austríacos. A pesquisa deste autor possibilitou reconhecer três tipos de perfis: 1º tipo, característico de lagos eutróficos, apresenta inibição fotossintética próxima à superfície, seguido de um máximo; 2º tipo, característico de lagos oligotróficos, nos quais não são observadas regiões de produtividade máxima bem delimitada; 3º tipo, característico de lagos meromíticos e oligomíticos, nos quais observa-se a formação de duas regiões de produtividade máxima: a primeira, localizada na região do epilímnio devido a atividade fitoplanctônica e a segunda no metalímnio ou abaixo deste, causada principalmente por cianobactérias.

Os resultados sobre a distribuição vertical da produtividade obtidos em lagos tropicais mostram que a grande maioria é do 1º tipo proposto por FINDENEGG (1964), ou seja, típico de lagos eutróficos (Fig. 2). O mesmo lago tropical pode apresentar, eventualmente, em algumas épocas do ano, outros tipos de perfis, como observado na Lagoa Carioca (BARBOSA, 1981). No entanto, deve-se considerar que a tendência predominante é a ocorrência do perfil "eutrófico", independentemente da magnitude de produção primária do ecossistema. Deste modo torna-se evidente que a utilização da classificação dos lagos tropicais, a partir do tipo de perfil vertical de produtividade fitoplanctônica é inadequada ou mesmo impossível, visto que nestes ambientes outros fato

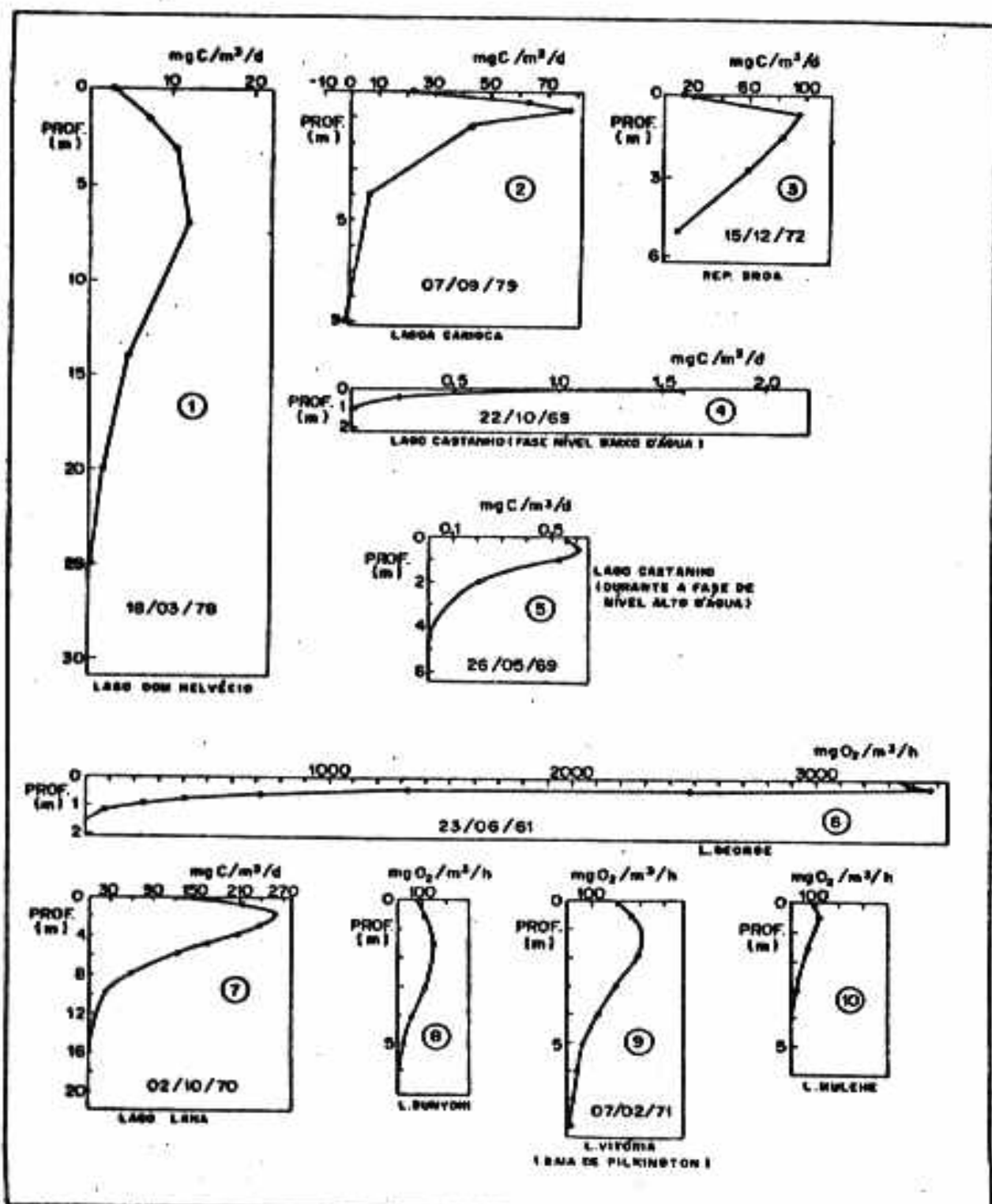


Figura 2 - Perfis verticais da produtividade primária do fitoplâncton em alguns lagos tropicais, indicando tratar-se de perfis típicos de lagos eutróficos temperados, conforme propostos por FINDENEG (1964). (1) PONTES (1980); (2) BARBOSA (1981); (3) TUNDISI et al (1977); (4 e 5) SCHMIDT (1973); (6,8,9 e 10) TALLING (1965); (7) LEWIS (1974).

res, tanto bióticos como abióticos, parecem ser mais importantes na determinação do tipo de perfil, do que a magnitude de produtividade primária.

Após o aperfeiçoamento das técnicas de avaliação (introdução da técnica do C^{14}) as taxas de produtividade primária constituem um dos indicadores mais importantes na tipologia de lagos temperados. Nestes ecossistemas pode ser observada a existência de limites bem definidos entre os diferentes tipos de lagos, como pode ser visto na Tab. 2. Em lagos tropicais, no entanto, esta diferenciação não é possível. Isto porque, nestes lagos, embora a produtividade primária diária, seja, via de regra relativamente baixa (em muitos casos os valores são equivalentes àqueles de lagos oligotróficos temperados), o processo de produção não é interrompido em nenhuma época do ano (como ocorre em regiões temperadas) (Fig. 3). Desta maneira o processo fotossintético é contínuo, observando-se somente variações de valores em função, principalmente, do regime hidrológico, como período de seca e chuva. Este fenômeno possibilita, em termos anuais, que a produtividade de lagos tropicais seja equivalente ou superior a de lagos eutróficos temperados (Fig. 3 e Tab. 3).

Entre os indicadores biológicos comumente utilizados na classificação de lagos temperados destaca-se a diversidade do fitoplâncton. Estes organismos são, nesta região, fortemente ligados as condições ambientais reinantes em cada tipo de lago. Desta maneira em lagos oligotróficos predominam as crisofíceas, dinofíceas e bacilariofíceas, enquanto nos lagos eutróficos, as cianofíceas, clorofíceas e euglenofíceas. Embora em lagos tropicais pesquisas desta natureza ainda estejam em fase inicial, pode-se observar, em muitos casos que os diferentes grupos de algas, distribuem-se independentemente das condições tróficas destes ambientes. Como exemplo pode ser citado o caso de algumas lagoas costeiras do litoral do Estado do Rio de Janeiro, nas quais foram encontrados vários gêneros de cianofíceas, como *Microcystes*, em lagoas com baixa concentração de nutrientes (HUSZAR

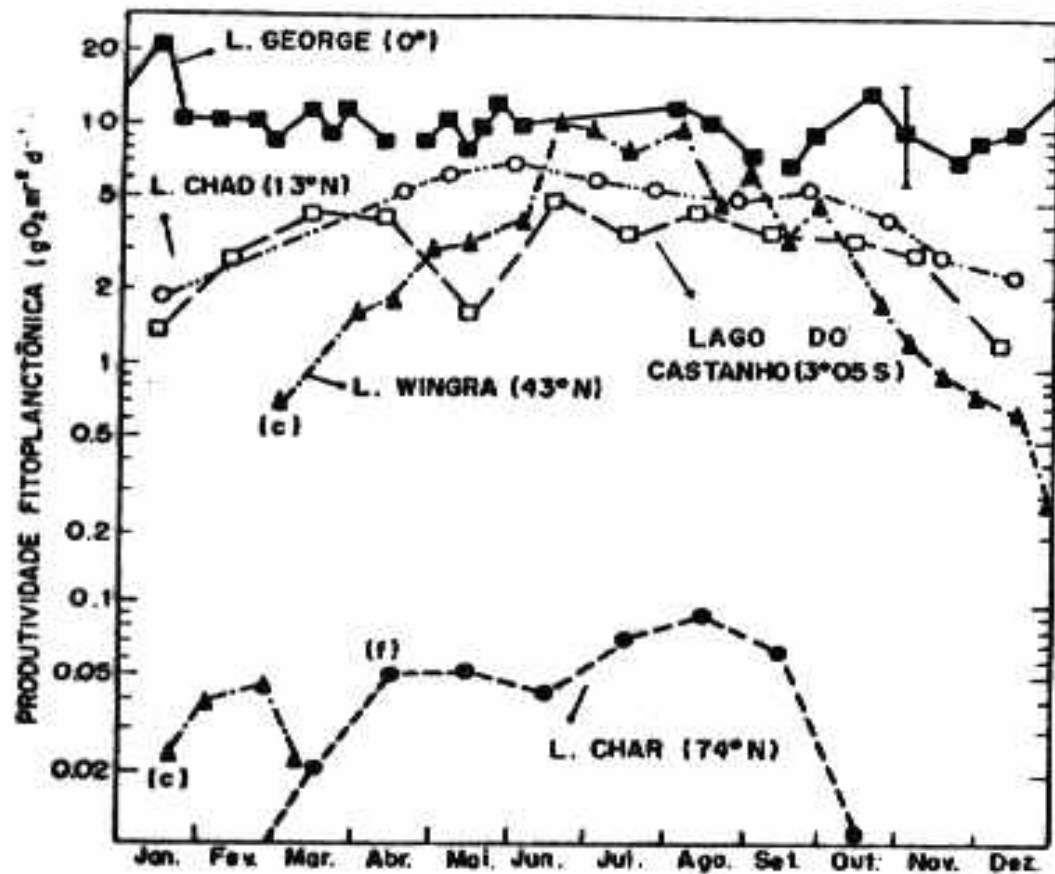


Figura 3 - Variação temporal da produtividade fitoplanctônica em lagos de diferentes latitudes segundo LECREN & LOWE-McCONNELL (1980) (modificado)

& ESTEVES, 1988). Vale lembrar que a maioria dos gêneros de cianofíceas, notadamente *Microcystes*, são fortes indicadores de ambientes eutróficos em regiões temperadas.

Pelo exposto acima, pode-se concluir que a tipologia de lagos tropicais, com base nos indicadores da tipologia de lagos temperados, possibilita enquadrar a grande maioria naqueles ecossistemas como "eutróficos". Esta constatação por sinal não é inédita, uma vez que THIENEMANN (1955), já chamava a atenção para o fato de que todas as condições necessárias para o surgimento de lagos eutróficos são encontradas nos trópicos. Entre estas podem ser destacadas: a não limitação da produtividade primária por escassez

TABELA 3 - Valores anuais de produtividade primária do fito-
plancton em lagos tropicais, temperados e sub-po-
lares.

LAGO TROPICAL	$g\ C\ m^{-2}\ a^{-1}$	Autor
George (Uganda)	1980	GANF (1970)
Chilwa (Malawi)	730-1300	ALLANSON & HART (1975)
Vitória (Uganda)	640	TALLING (1965a)
Lanao (Filipinas)	620	LEWIS (1974)
Kiwu (Zaire)	540	DEGENS et al (1971)
Castanho (AM, Brasil)	350-1500	SCHMIDT (1973)
Cristalino (AM, Brasil)	53-1500	RAI & HILL (1984)
Tupé (AM, Brasil)	100	RAI (1978)
Dom Helvécio (MG, Brasil)	68	PONTES (1980)
Represa do Broa (SP, Brasil)	56	TUNDISI et al (1977)
LAGO TEMPERADO		
Vorderer Finstertaler (Austria - 2273 m de altitude oligotrófico)	23-31	TILZER (1973)
Heindalsvatn (Noruega - 1090 m de altitude oligotrófico)	6,9	HAMMER (1980)
Schöh (Alemanha mesotrófico)	105	MÜLLER (1977)
Keller (Alemanha eutrófico)	250	MÜLLER (1977)
Trumen (Suécia eutrófico)	260	BJÖRK (1974)
Syven (EUA hipereutrófico)	570	WETZEL (1966)
LAGO SUB-POLAR		
Char (Canadá oligotrófico)	4,2	KALFF & WELCH (1974)

de radiação solar e temperatura baixas; pouca variação do fotoperíodo e temperatura no decorrer do ano e sobretudo, deve-se considerar para a evolução desses ecossistemas a constância destes fatores ao longo do tempo.

Uma das poucas variáveis ambientais que poderia dificultar o não surgimento de lagos eutróficos nos trópicos seria a baixa concentração de nutrientes dissolvidos que é freqüentemente observada. No entanto, deve-se considerar que as características ambientais mencionadas acima possibilitam que nos lagos tropicais ocorram altas taxas de reciclagem de nutrientes, garantindo que estes possam ser reutilizados constantemente pelos produtores primários, garantindo em termos anuais altos valores de produtividade primária.

Em termos de funcionamento, os ecossistemas lacustres tropicais poderiam ser comparados com as florestas desta região, como por exemplo a floresta Amazônica, que se desenvolveu sobre solos com extrema escassez de nutrientes e no entanto, através de mecanismos que possibilitam rápida reciclagem de nutrientes, alcança altos valores de produtividade primária (KLINGE, 1976 e SIOLI, 1985).

Outro fator importante que poderia impedir o surgimento de lagos eutróficos nos trópicos seria a baixa densidade populacional do fitoplâncton, que é comumente observada. Deve-se considerar contudo, que a baixa densidade do fitoplâncton pode ser compensada pelas elevadas taxas de crescimento das populações. Portanto, em lagos tropicais, mesmo com baixa densidade populacional, podem ser obtidos valores de produtividade equivalentes àqueles de lagos temperados com alta densidade (eutróficos). Nestes, por outro lado, devido a baixa taxa de renovação das populações fitoplanctônicas (principalmente devido às baixas temperaturas), observa-se, com muita freqüência, altas densidades populacionais, que apresentam no entanto, baixa taxa metabólica. Assim duas das condições fundamentais para a obtenção de altos valores de produtividade tais como: alta densidade populacional e alta taxa de reprodução dos organismos são encon

tradas nos trópicos.

Nos trópicos as elevadas temperaturas e os altos Índices de precipitação, tem como uma das conseqüências principais às altas taxas de intemperismo. Estes fatores em conjunto, atuam no sentido de favorecer o surgimento de lagos eutróficos nesta região (Fig. 4). Isto porque nas regiões tropicais os ecossistemas lacustres apresentam, quase que invariavelmente: temperatura elevada e pouco variável no decorrer do ano, alta taxa de reciclagem de nutrientes, alta taxa de renovação de biomassa, além do que, são ambiente geralmente rasos, condições estas que favorecem o surgimento de ambiente produtivos.

Assim em termos de estado trófico, pode-se considerar os lagos sub-polares e tropicais como dois extremos. Nos primeiros, a temperatura a níveis muito baixos, na maior parte do ano, impede o desenvolvimento em grandes densidades dos organismos. Além disso a baixa temperatura reduz a velocidade de reciclagem dos nutrientes dentro do próprio ecossistema, assim como de sua bacia hidrográfica (redução do intemperismo). Não menos importante é a grande variação do fotoperíodo nesta região. Todos esses fatores contribuem fortemente para a ocorrência de baixa taxa de crescimento, conseqüentemente, surgimento de características oligotróficas. Por outro lado, nos trópicos são encontradas condições opostas, as quais favorecem o crescimento das populações durante todo o ano.

Em virtude dos poucos dados disponíveis sobre os ecossistemas lacustres tropicais, notadamente no que diz respeito às suas comunidades, muitas das idéias expostas neste trabalho tem intuito apenas especulativo. Mais pesquisas, sobretudo de cunho holístico, são necessárias sobre estes sistemas. Estas fornecerão subsídios para futuras decisões sobre a real necessidade de tipificar os lagos tropicais, sobre a necessidade de adequação dos princípios tipológicos já existentes em regiões temperadas ou a criação de uma nova tipologia para estes lagos.

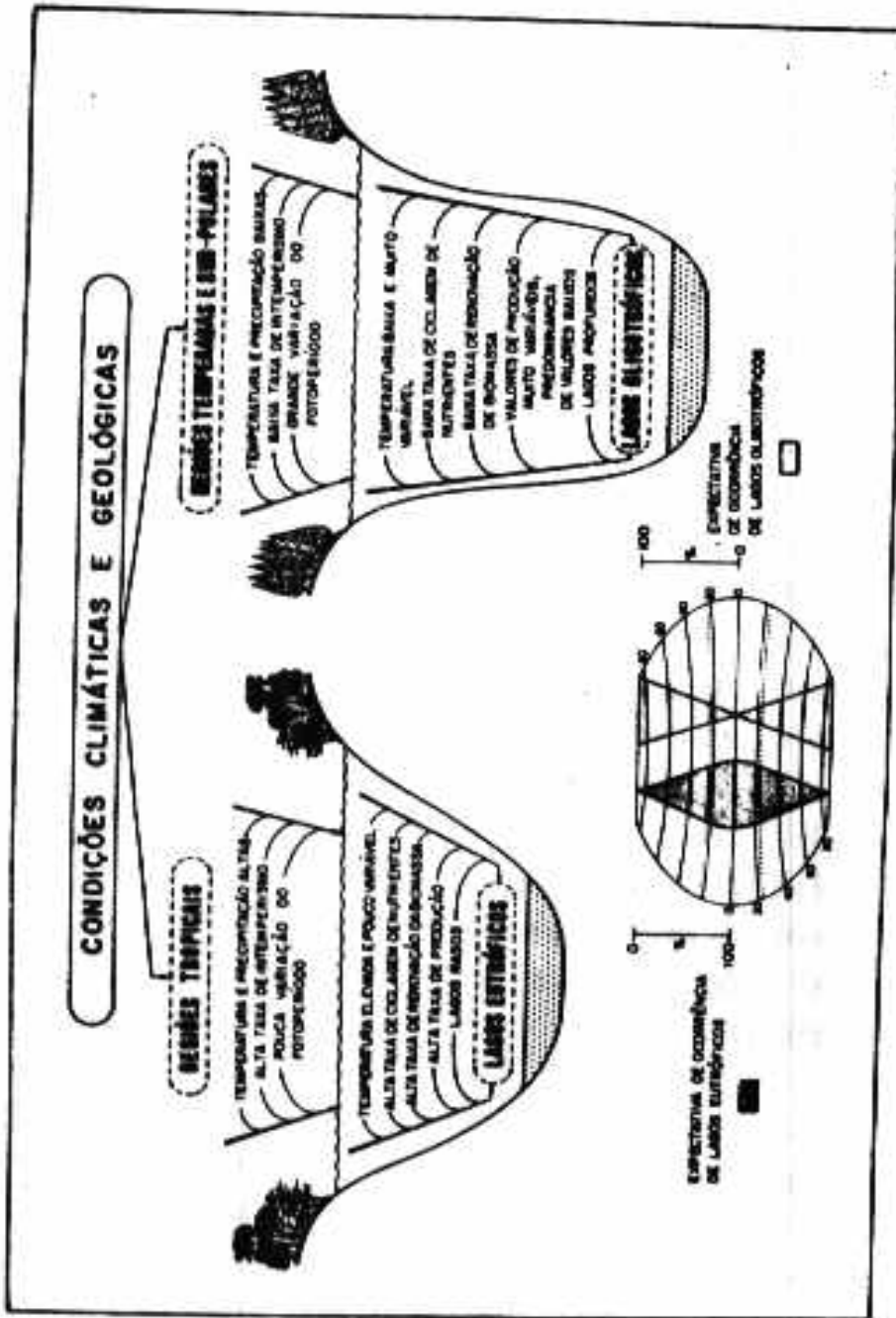


Figura 4 - Principais fatores climáticos e geológicos que favorecem o surgimento de lagos eutróficos em regiões tropicais e oligotróficos em regiões temperadas e expectativa de ocorrência de lagos eutróficos e oligotróficos em diferentes latitudes.

Numa primeira tentativa, talvez fosse viável a classificação dos ecossistemas lacustres tropicais somente quanto a produtividade fitoplanctônica e não com base em inúmeras variáveis conforme a tipologia tradicional. Para tanto, sugere-se os seguintes limites:

- Lagos euprodutivos : $500 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$
- Lagos mesoprodutivos : $200-500 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$
- Lagos oligoprodutivos: $200 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLANSON, B.R. & HART, R.G. The primary production of lake Sibaya, Kwazulu, South Africa. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 19: 1426-1433, 1975.
- BARBOSA, F.A.R. *Variações diurnas (24 h) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca - Parque Florestal do Rio Doce - MG - Brasil.* São Carlos, UFSCar, 1981. (Tese)
- BEADLE, L.C. *The Inland waters of tropical Africa. An introduction to tropical limnology.* London, Longman, 1974. 366p.
- BIRGE, E.A. & JUDAY, C. Further limnological observations on the Finger Lakes of New York. *Bull. U. S. Bur. Fish.*, 37: 216-52, 1911.
- _____. Organic content of lake water. *Bull. U. S. Bur. Fish.*, 42: 185-205, 1926.
- BJÖRK, S. Joining forces to save Damaged Lakes in Sweden and Tunisia Landscape. *Architecture*, oct. 1974.

- DEGENS, E.T.; DEUSER, W.G.; HERZEN, R.P.; WONG, H.K.; WOODING, F.B.; JANNASCH, H.W.; KANWISHER, J. *Lake Kivu Expedition: geophysics, hydrography, sedimentology*. s.l.p. Woods Hole Oceanogr. Inst., 1971.
- ESTEVES, F.A.; CAMARGO, A.F.M.; THOMAZ, S.M.; ROLAND, F.; SUZUKI, M.; BOZELLI, R. *Estudos limnológicos em 18 Lagos do Estado do Espírito Santo*. (em andamento)
- ESTEVES, F.A. A Ciência Limnologia: aspectos históricos e estratégia de pesquisa. *Spectrum: J. Bras. Ci.*, 2: 11-13, 1982.
- ESTEVES, F.A.; BARBIERI, R.; ISHII, I.H.; CAMARGO, A.F.M. Estudo limnológico preliminar no lago Poço Verde-Coromandel (MG). In: SEMINÁRIO REGIONAL ECOLOGIA, 3, São Carlos, UFSCar, 1983. p. 39-65. *Anais ...*
- ESTEVES, F.A. Levels of phosphate, calcium, magnesium and organic matter in the sediments of some brazilian reservoirs and implications for the metabolism of the ecosystems. *Arch. Hydrobiol.*, 96: 129-38, 1983.
- ESTEVES, F.A.; ISHII, I.H.; CAMARGO, A.F.M. Pesquisas limnológicas em 14 Lagoas do Litoral do Estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R., org. *Restingas: origem, estrutura, processos*. Niterói, CEUFF, 1984. p. 443-54.
- FINDENNEG, F. Produktionsbiologische Planktonuntersuchungen an Ostalpenseen. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 49: 381-416, 1964.
- FOREL, F.A. *Le Léman: monographie limnologique*. Lausanne, F. Rouge, 1901. v. 2.
- GANF, G.G. Incident solar irradiance and underwater light penetration as factors controlling the chlorophyll a

- content of a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). *J. Ecol.*, 62: 593-609, 1970.
- HAMMER, V.T. Geographical variations. In: LE CREN, E.D. & LOWE-McCONNEL, H., eds. *Primary productions in the functioning of freshwater ecosystems*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1980. p. 235-46.
- HOBBIE, J.E. Heterotrophic bacteria in aquatic ecosystems; some results of studies with organic radioisotopes. In: CAIRNS Jr., ed. *The structure and function of fresh-water microbial communities*. Virginia, Polytechnic Inst., 1971. p. 181-94. (Rev. Div. Monogr., 3)
- HUSZAR, V.L.M. & ESTEVES, F.A. *Considerações sobre o fitoplancton de rede de 14 Lagoas Costeiras do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*. Acta Limnol. Bras., 1988. (este vol.)
- HUTCHINSON, G.E. & LÖFFLER, H. *The thermal classification of lakes*. Proc. Nat. Acad. Sci., 42: 84-86. 1956.
- JAVORNICKY, P. Primary production. In: LE CREN, E.D. & LOWE-McCONNEL, H., eds. *The functioning of freshwater ecosystem*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1980. p. 181-94.
- KALFF, J. & WELCH, H.E. *Phytoplankton production in Char Lake, a natural polar lake and in Merretta Lake, a polluted polar lake, Cornwallis Island, Northwest Territories*. Journ. Fish. Research Board Canada, 31: 621-36. 1974.
- KLINGE, H. *Bilanzierung von Hauptnährstoffen in Ökosystem tropischer Regenwald (Manaus) vorläufige Daten*. Biogeographica, 7: 59-77. 1976.
- LE CREN, E.D. & LOWE-McCONNELL, H. *The functioning of freshwater ecosystems*. Cambridge, Cambridge University Press, 1980. 588p.

- LEWIS, W.W. Primary production in the plankton community of a tropical lake. *Ecol. Monogr.*, 44: 377-409, 1974.
- LIKENS, G.E. Primary production of inland aquatic ecosystems. In: LIETH, H. & WHITTAKER, R.H., eds. *The primary productivity of the biosphere*. New York, Springer-Verlag, 1975. 339p.
- MÜLLER, U. *Stoffhaushalt, Phytoplankton und Primärproduktion in Olrei Ostholsteinischen Seen Unterschiedlichen Trophiegrades*. Kiel, University of Kiel, 1977. (Tese)
- NAUMANN, E. *Einige Grundlinien der Regionalen Limnologie - Lund*, Lunds Universitets, 1921. (Arsskript N.I., 17)
- _____. *Einführung in die Bodenkunde der Seen*. Stuttgart, E. Schweizerbart Verlag, 1930. 126p.
- ONLE, W. Typologische Kennzeichnung der Gewässer auf Grund Ihrer Bioaktivität. *Verh. Int. Versin. Limnol.*, 13: 196-211, 1956.
- PONTES, M.C.F. *Produção primária, fitoplancton e fatores ambientais no Lago Dom Helvécio, Parque Florestal do Rio Doce-MG*. São Carlos, UFSCar, 1980. 293p. (Dissertação)
- RAI, H. Distribution of carbon, chlorophylla and pheo-pigments in the black water lake ecosystems of Central Amazon Region. *Arch. Hydrobiol.*, 82 (1/4): 74-87, 1978.
- RAI, H. & HILL, G. Primary production in the amazon aquatic ecosystem. In: SIOLI, H., ed. *The amazo. limnology and ladscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Amsterdam, Dr. W. Junk, 1984.
- RUTTNER, F. *Grundriss der Limnologie*. Berlin, W. Gryter, 1940. 167p.

- SCHMIDT, G.W. Primary production of phytoplankton in the three types of amazonian waters. III. Primary productivity of phytoplankton in a tropical flood-plain lake of Central Amazonia, Lago do Castanho, Amazonas, Brazil. *Amazoniana*, 4: 379-404, 1973.
- SIOLI, H. Tropical continental aquatic habitats. In: SOULÉ, M.E., ed. *Conservation Biology*. Massachusetts, Sinauer Assoc. Publ., 1985. p. 383-94.
- TALLING, J.F. The photosynthetic activity of phytoplankton in east african lakes. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 50: 1-32, 1965.
- _____. Comparative problems of phytoplankton production and photosynthetic productivity in a tropical and a temperate lake. *Mem. Ist. Ital. Edrobiol.*, 18: 399-424, 1965. (suppl.)
- THIENEMANN, A. Der Zusammenhang Zwischen dem Sauerstoff des Wassers und der Zusammensetzung der Tiefenfauna Unserer Seen. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 6: 245-9, 1913.
- _____. *Der Sauerstoff in eutrophen und oligotrophen Seen. Ein Beitrag zur see-typenlehre. Die Binnengewässer IV.* Stuttgart, E. Schweizerbart, 1928.
- _____. *Die binnengewässer in natur und kultur.* Berlin, Springer-Verlag, 1955. 155p.
- TILZER, M. Diurnal periodicity in the phytoplankton assemblage of a high mountain lake. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 15-30, 1973.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; ROCHA, O.; GENTIL, J.G.; NAKAMOTO, N. Primary production, standing-stock of phytoplankton and ecological factors in a shallow tropical reservoir (Represa do Broa, São Paulo, SP). In: SEMINA

- RIO MEDIO AMBIENTE Y REPRESAS, 1, 1977. p. 138-72.
- UNGEMACH, H. *Sedimentchemismus und seine Beziehung zum Stoffhaushalt in 40 europäischen Seen*. Kiel, University of Kiel, 1960. (Tese)
- VOLLENWEIDER, R.A. *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. Paris, Rep. Org. Econ. Coop. and Dev. (PECD), 1968. 159p. (DAS/CSI/68, 27)
- WELCH, P.S. *Limnology*. New York, McGraw-Hill, 1935. 536p.
- WETZEL, R.G. Variations in productivity of goose and hypereutrophic Sylvan Lakes, Indiana. *Invest. Indiana Lakes Streams*, 7: 147-84, 1966.
- WETZEL, R.G. *Limnology*. Philadelphia, W.B. Sanders, 1975. 743p.

ENDEREÇO DO AUTOR

ESTEVES, F.A.
Universidade Federal de São Carlos
Departamento de Ciências Biológicas
Laboratório de Limnologia
13560 São Carlos - SP