

AMAZONIANA	IX	1	87 – 104	Kiel, Dezember 1984
------------	----	---	----------	---------------------

Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil

de

Albano Schwarzbald* e Alois Schäfer**

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

**Universität des Saarlandes, R.F.A.

Origin and morphology of the coastal lagoons of Rio Grande do Sul - Brazil

Abstract

The present paper is a contribution to the ecological and biogeographical classification of the coastal lakes from the Rio Grande do Sul State, Brazil.

The knowledge of the lake origin together with the morphological characteristics of the studied coastal lakes provide the understanding of ecological and biogeographical relationships. The presented morphological characteristics have been worked out from own field studies, while the discussion of the lake origin is a result of a critical literature review.

The coastal lakes can be classified on their morphological structure, in relation to their nutrient contents and their communities.

The three lake groups are:

1. deep lakes, until 11 m depth
2. medium-deep lakes, with a depth around 3,5 m
3. shallow lakes, maximal depth 1,5 m.

Based on this investigation a new formula for the calculation of the medium-depth is proposed, different from these of the IBP-Programme. The relation between the maximum and the medium depth is

$$z = 0,75 z_{\max}^{0,83}$$

and can be considered as typical for the morphological characteristics of extrem shallow lakes or lagoons.

Key words: Coastal lake, coastal lagoon, lake genesis, lake morphology.

Manuscrito, apresentado no XV. Simpósio "America do Sul" de 28 de abril a 30 de abril 1984 em Plön, Rep. Fed. da Alemanha. Contribuição do projeto da GTZ "Convenio UFRGS - Saarbrücken na área de Ecologia".

0065-6755 / 1984 / 087 / © MPI für Limnologie, AG Tropenökologie, Plön; INPA, Manaus

Introdução

Desde os primeiros trabalhos limnológicos (FORBES 1887; FOREL 1904; BIRGE & JUDAY 1911; THIENEMANN 1913, 1925, 1927, 1928; NAUMANN 1931), a morfologia teve um papel muito importante nas considerações sobre o balanço de substâncias e comunidades aquáticas. Os fatores morfométricos foram utilizados amplamente nos modelos dos estados tróficos de lagos (HUTCHINSON 1957) e para avaliar os efeitos do aumento da concentração de substâncias por fatores externos, como a poluição. O International Biological Programme (IBP) não considerou lagos da Região Neotrópica em seus modelos (LE CREN & LOWE Mc CONNEL 1980), elaborados a partir de lagos de diferentes regiões do mundo. Tampouco foram consideradas lagoas e lagunas costeiras na literatura limnológica (BARNES 1978, 1980).

Os estudos geológicos e paleogeográficos regionais, necessários para a compreensão da gênese e evolução do sistema lagunar sul-brasileiro, foram iniciados a partir de 1958 por DELANEY. Na presente publicação, as considerações da gênese das lagoas, constituem um resumo crítico dos trabalhos de DELANEY (1958, 1960a, 1960b, 1962, 1963, 1965), MARTINS (1967), JOST (1971), JOST et al. (1971), VILLWOCK (1972, 1977), SOLIANI Jr. (1973), JOST et al. (1974), SOLIANI & JOST (1976), GODOLPHIM (1976), SELTZER (1976).

A precariedade de informações regionais, bem como de estudos referentes a lagoas costeiras na literatura limnológica em geral, torna o presente trabalho uma contribuição essencial para o desenvolvimento de uma classificação ecológica e biogeográfica própria para estas lagoas.

Localização e Descrição da Área

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul, onde se encontram as lagoas, possui uma extensão aproximada de 640 km do limite Leste com Oceano Atlântico, desde os promontórios de Torres no Rio Grande do Sul, ao Norte, até La Coronilla, na República Oriental do Uruguai, ao Sul. Está inscrita entre os paralelos 29° 12' e 33° 48' de latitude Sul e os meridianos de 49° 40' e 53° 30' de longitude Oeste, considerado apenas território brasileiro.

Abrange uma superfície aproximada de 22.740 km² de terras emersas e 14.260 km² de superfícies de lagoas e lagunas, num total de 37.000 km². Tem maior importância, pela sua superfície, a Laguna dos Patos com 9.280 km², a Laguna Mirim com 3.520 km² (incluindo território uruguaio), Lagoa Mangueira com 802 km², enquanto as demais somam 660 km². Uma lista com as superfícies calculadas para as lagoas do Rio Grande do Sul é apresentada no capítulo da morfologia, neste trabalho.

Além das grandes lagunas dos Patos e Mirim, a área apresenta uma sequência de lagoas, algumas mais interiores, como a dos Barros e outras menores da região de Osório (Fig. 1), mas a maioria formando uma sequência de lagoas em rosário, paralelas à linha da costa oceânica.

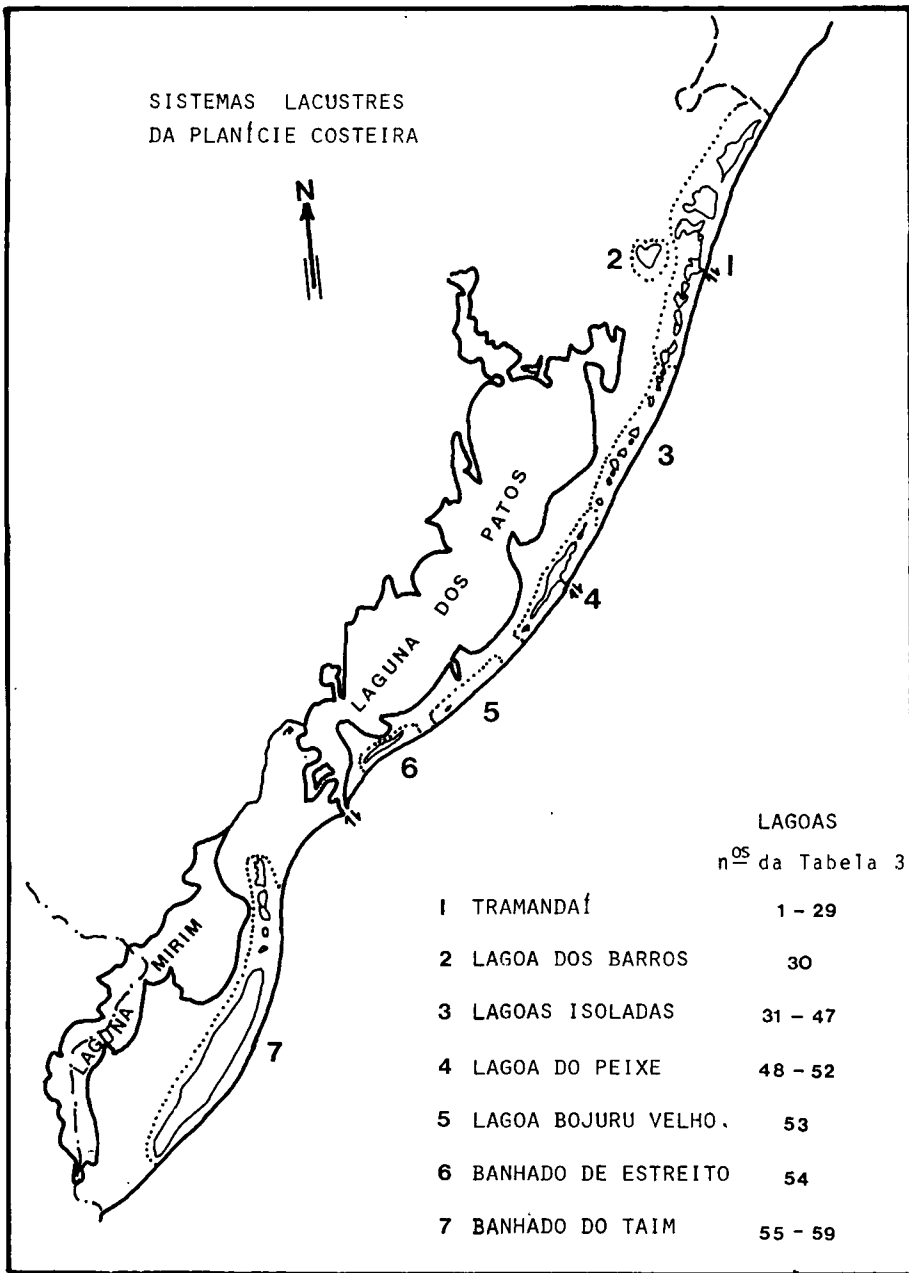


Fig. 1:
Sistemas lacustres da Planície Costeira do R.G.S.

O clima é do tipo Cfa, na classificação de KÖPPEN (in STRAHLER 1981). Este tipo de clima assegura uma distribuição de chuvas durante o ano inteiro, fator importante para o balanço positivo no regime das águas na região, com o verão quente e inverno com mês mais frio, de média de temperatura entre 18 e -3 °C.

MONTEIRO (1969) considera que a região está sob a influência de duas massas de ar principais: as que se originam no Anticiclone do Atlântico e no Anticiclone Migratório Polar. Em MORENO (1961) tem-se que a Planície Costeira possui uma média anual de temperatura de 17,6 °C e uma precipitação anual de 1.300 mm.

A ação dos ventos é importante na região, pois seus efeitos se fazem sentir em toda planície. A direção do vento que predomina na região é a de origem Nordeste. Maiores detalhes sobre a ação dos ventos podem ser encontrados em PUHL (1961), MORENO (1961), DELANEY (1965), MONTEIRO (1969).

A salinidade exerce influência em duas regiões lacustres. Na região de Tramandaí, onde as lagoas de Tramandaí e Armazém, e as lagoas Custódias e Gentil, sofrem processos de mistura de águas continentais com as do mar (CHOMENKO 1981; SCHWARZBOLD 1982). Na região da lagoa do Peixe, há ligação sazonal com o mar e consequente variação ampla de salinidade. Nas demais lagoas, a salinidade baixa permite classificá-las como de água doce.

Para efeitos deste trabalho, devido ao gigantismo de suas superfícies, as lagoas dos Patos e Mirim foram consideradas apenas nos aspectos de gênese.

Material e Métodos

A ordenação dos principais eventos geológicos e paleogeográficos que permitiram estabelecer a gênese dos diferentes grupos de lagoas está baseada numa revisão crítica da bibliografia existente na região.

Como os estudos geológicos foram realizados separados em regiões Norte e Sul, foram confeccionados mapas unindo as duas regiões, para facilitar a compreensão da simultaneidade dos eventos geológicos e da gênese lagunar em toda a Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Os mapas batimétricos foram confeccionados a partir de transectos ecobatimétricos com ecobatímetro Hydrolyzer e desenhos de isobatas equidistantes de 1 m.

Os mapas de perímetro e superfície das lagoas foram confeccionados a partir das cartas do Serviço Geográfico do Exército, na escala de 1 : 50.000, restituídos de fotografias aéreas de escala aproximada de 1 : 60.000, de vôo realizado em 1962. Modificações da forma do perímetro bem como da área das lagoas, que tenham ocorrido entre o intervalo das tomadas das aerofotos e a batimetria presentemente realizada, não puderam ser avaliadas. Estas ocorrem continuamente, devido à dinâmica regional, mas seus efeitos se fazem sentir em todo o sistema de lagoas, de maneira semelhante, não causando maiores discrepâncias nas análises dos resultados.

Os parâmetros morfométricos medidos e calculados estão baseados na metodologia amplamente descrita por HUTCHINSON (1957) e foram: comprimento máximo (1); área (A), determinada por medidor de superfície foliar, com sensor de células fotoelétricas e integrador; volume (V); profundidade máxima ($z_{máx}$); profundidade média (\bar{z}); perímetro (L); desenvolvimento do perímetro (D_L); quociente entre a profundidade média e máxima (quoc. = $\bar{z} / z_{máx}$); curvas hipsográficas e de volume.

Resultados e Discussão

Gênese das Lagoas e Lagunas.

Os estudos referentes à formação da Planície Costeira do Rio Grande do Sul estão baseados em ZENKOWITCH (1959, 1967, 1969) (Fig. 2) que postulou que as barreiras depositadas ao longo de faixas costeiras, se originaram de sedimentos trazidos por correntes de litoral e acumulados pela dinâmica praias. As oscilações do nível do mar, seg. FAIRBRIDGE (1961) (Fig. 2), frequentes durante o Quaternário, favoreceram a deposição de material para a formação de barreiras (Fig. 2). Do ponto-de-vista geológico, DELANEY (1965) fez a primeira descrição na região dos depósitos marinhos rasos, com afloramentos, desde a Lagoa dos Barros até o Chuí, a que denominou de Formação Chuí, formada durante o Pleistoceno. SOLIANI Jr. (1973) contribuiu com a descrição de uma nova unidade, de origem lagunar, a que denominou Formação Santa Vitória, também pleistocênica. O mesmo autor descreveu a simultaneidade da formação Chuí (marinha) e Santa Vitória (lagunar) e propôs a subdivisão da Formação Chuí em dois membros: o de origem lagunar denominaram Membro Taim e o de origem lagunar denominaram Membro Santa Vitória, todos de origem pleistocênica. Com relação ao Holoceno GODOLPHIM (1976) descreveu os depósitos mais recentes, marinhos, lagunares e eólicos, a que denominou de Formação Quinta.

Do ponto-de-vista paleogeográfico e, portanto, da sucessão de eventos que originam as lagoas e lagunas costeiras, são em seguida descritos os principais aspectos.

Tomando como modelo a parte Sul da área da Laguna Mirim, JOST et al. (1974) utilizaram critérios paleogeográficos no mapeamento da região onde procuraram reproduzir as configurações da linha-da costa assumidas a partir do Plioceno Superior, com formação de barreiras múltiplas. Após o glacial de Nebraskan, o degelo incrementou o nível do mar a 20 metros acima do nível atual da região, quando as águas adentraram o continente a Oeste da atual Laguna Mirim, durante o interglacial Aftonian, há 230 mil anos. Uma extensa área em submersão, que teve ainda o incremento de material sólido erodido do continente, pôde ser retrabalhado em condições praias e marinho rasas, elaborando um perfil de fundo (ZENKOWITCH 1969), ao mesmo tempo em que uma barra principiou a crescer a partir do Promontório de Pelotas, em direção ao Sul (Fig. 3, fase A).

Ao final do interglacial de Aftonian, sucedeu-se o glacial Kansan, criando condições de sequências de deposição de emersão.

O período interglacial seguinte (Yarmouth) conduziu a uma nova submersão no continente, porém não tão ampla quanto a anterior, atingindo a cota de 16 metros na região, aproximadamente. A reinundação ocorreu ao Sul através da barra parcialmente fechada durante o Kansan. A ação erosiva sobre a barreira originou uma segunda deposição de águas rasas, que passou a constituir uma segunda barreira, obstruindo a barra de ligação ao Sul e isolando a Laguna Mirim do oceano (Fig. 3, fase B). Os sedimentos marinhos, por outro lado, assorearam parcialmente a Laguna, aplainando o seu fundo. Esse evento ocorreu aproximadamente há 150 mil anos.

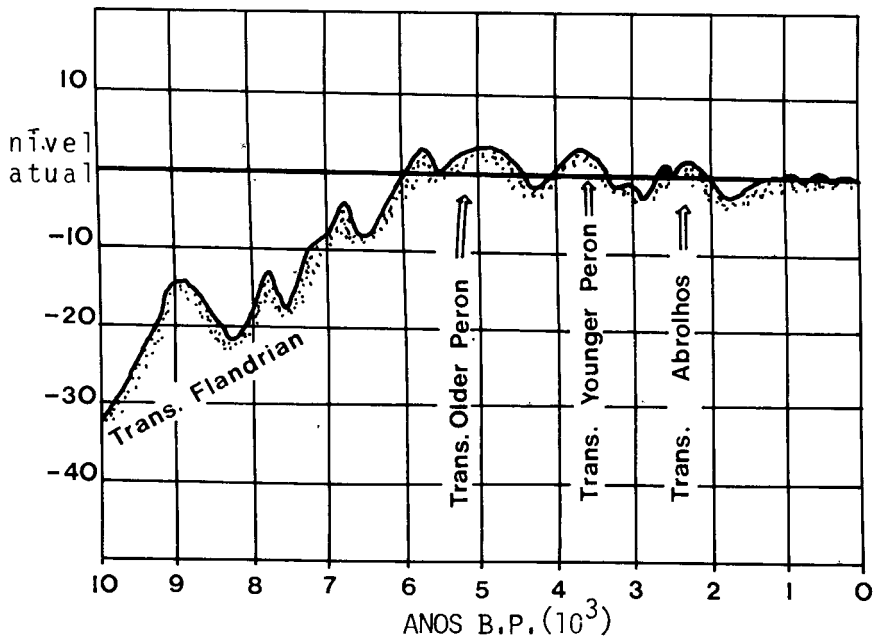
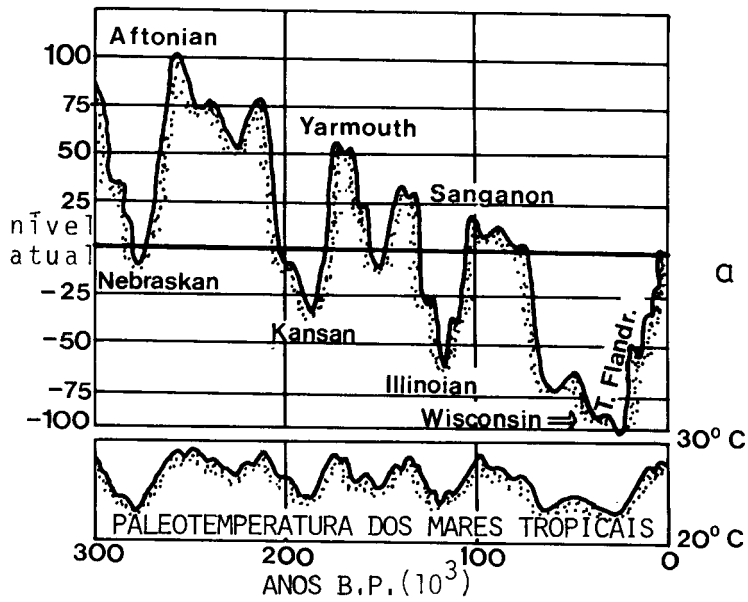


Fig. 2:
 Oscilações eustáticas do nível do mar durante a) o Pleistoceno; b) o Holoceno
 (seg. FAIRBRIDGE 1961).

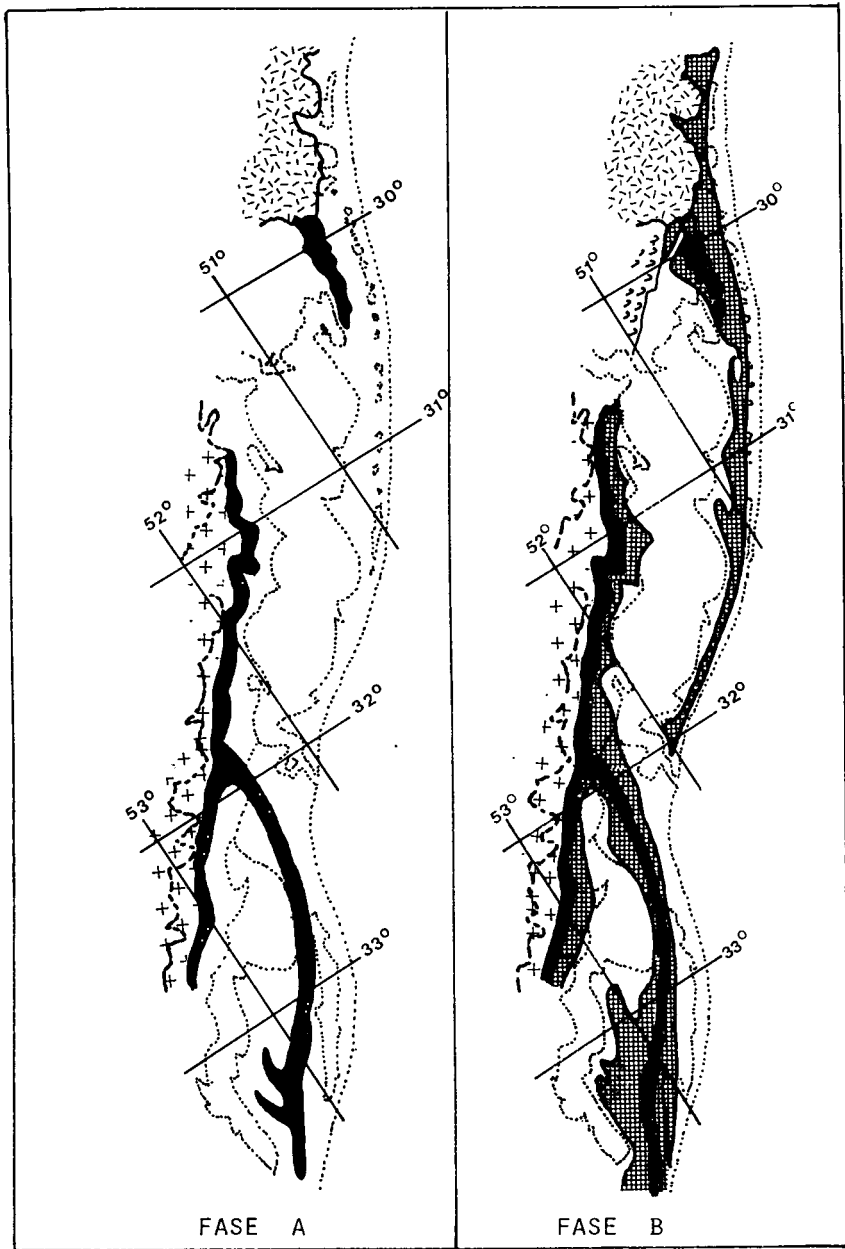


Fig. 3:
Paleogeografia da Planície Costeira e gênese das lagoas.

A última transgressão marinha pleistocênica ocorreu há 80 mil anos aproximadamente, e corresponde ao interglacial Sanganon, com uma elevação de aproximadamente 8 metros acima do nível atual. Esta submergência não ultrapassou as barreiras formadas anteriormente, cobrindo apenas as barras situadas entre elas na face oriental. A Laguna Mirim se encontrava completamente isolada do mar, não tendo ocorrido a ingressão marinha até o corpo lagunar, por ocasião do Sanganon (JOST et al. 1974) (Fig. 4, fase C).

O último evento eustático pleistocênico ocorreu há 60 mil anos com duração até há 16 mil anos, com o glacial de Wisconsin, cuja regressão baixou o nível do mar a uma cota de - 100 metros. Foi durante o Wisconsin (Würm) que houve o rompimento e erosão parcial da restinga, no atual Banhado do Taim e onde se encontram atualmente as lagoas Nicola e Jacaré, tendo servido como vertedouro à Laguna Mirim (Fig. 4, fase D).

Com a Transgressão Flandriana, denominada localmente de Transgressão Quinta por GODOLPHIM (1976), que atingiu seu nível máximo há 6 mil anos, ainda segundo FAIRBRIDGE, inicia o Holoceno, que se caracteriza por pequenas oscilações do nível do mar. Esta transgressão atingiu uma cota de 5 metros acima do nível atual, tendo o mar invadido a Laguna Mirim pelo vertedouro do Taim, aberto durante o Wisconsin (Würm). As deposições na margem litorânea foram amplas, apesar de baixos, pois a contribuição de material trazido pela Laguna dos Patos, cuja gênese ocorria paralelamente à Mirim, foi significativa na região de Pelotas-Rio Grande. Esta atividade de transporte construiu feixes de restinga. Os feixes de restinga se sobrepueram aos depósitos pleistocênicos crescendo em linhas paralelas à costa, em direção ao Sul. Este processo ocorreu durante as três transgressões holocênicas que se sucederam à Flandriana (Quinta) e relacionáveis com o Older Peron (5.000 anos B. P.), Younger Peron (3.500 anos B.P.) e Abrolhos (2.300 anos B.P.).

O crescimento desses feixes de restinga em direção ao Sul, obrigou o vertedouro do Taim a se desviar, constituindo um longo canal de escoamento semilagunar. A continuação desses processos terminou por fechar a ligação da Laguna Mirim com o mar pelo vertedouro do Taim, gerando a Lagoa Mangueira (JOST et al. 1974), isolada até os dias atuais. A Laguna Mirim, por sua vez, auxiliada pelos fortes processos erosivos da Laguna dos Patos sobre os terraços pleistocênicos, estabeleceu conexão de escoamento com a Laguna dos Patos pelo canal hoje conhecido como São Gonçalo (JOST et al. 1974) (Fig. 4, fase E).

Para a parte Norte da Planície Costeira dominada pela Laguna dos Patos, a descrição sucinta dos eventos está baseada em SOLIANI & JOST (1976). Descrevem a existência de seis terraços sedimentares, sendo três pleistocênicos e três holocênicos, cuja evolução segue sincrônica com a descrição apresentada para a parte Sul da planície por JOST et al. (1974).

O primeiro terraço se fixou à escarpa das formações Botucatu e Serra Geral (sedimento arenítico e derrame basáltico), próximo a Osório, ocupando parcialmente a superfície da atual Lagoa dos Barros e indo projetar-se, por acumulação de sedimentos, em direção Sudoeste (Fig. 3, fase A). Isto ocorreu há 230 mil anos, no interglacial Aftonian (Günz-Mindel). O glacial Kansan (Mindel) criou as condições de superfícies sedimentares emersas.

O segundo terraço depositado durante o interglacial de Yarmouth (Mindel-Riss), iniciado há 180 mil anos, apesar de menos expressivo em altura, cobriu grande superfície, extendendo-se desde a região de Torres, ao Norte, até as proximidades de São José do Norte, constituindo o mais significativo processo deposicional ocorrido na Planície Costeira e desviando, para o Sul, o escoamento das águas continentais. Este terraço foi o responsável pela gênese da Laguna dos Patos (Fig. 3, fase B). Nestas condições a Laguna dos Patos se prolongava pela Lagoa do Casamento, até a Lagoa dos Barros, constituindo uma única unidade.

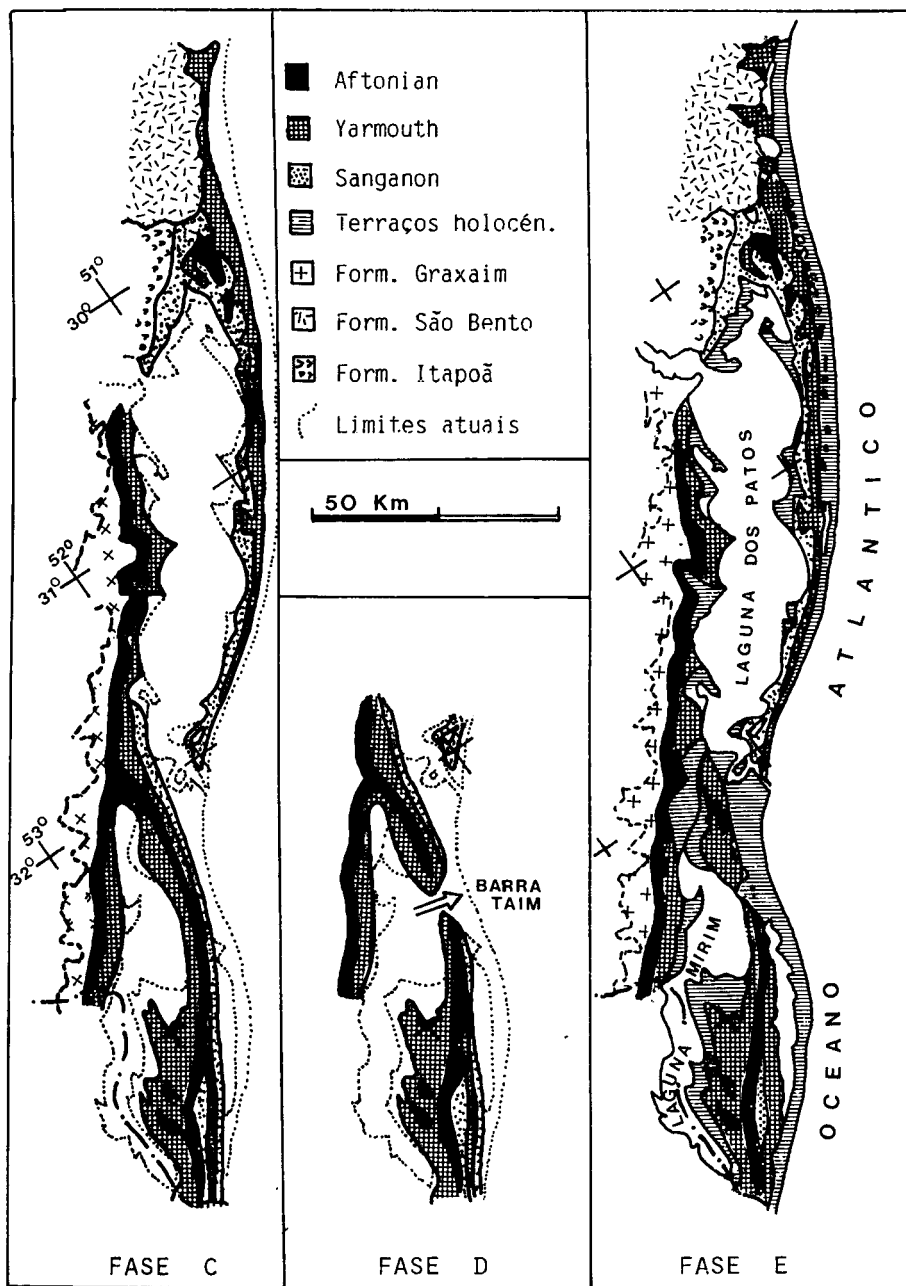


Fig. 4:
Paleogeografia da Planície Costeira e gênese das lagoas.

Entre as barreiras I e II, assim formadas, permaneceram faixas deprimidas que foram preenchidas durante o glacial Illinoian (Riss), há 125 mil anos.

Várias lagoas tiveram sua gênese com o terraço (barreira) II, ao Norte de Osório e que se mantêm até os dias atuais, como as lagoas Peixoto, Caconde, do Lessa, Horácio e outras das proximidades.

O terceiro terraço, de menor altura, foi sedimentado durante o interglacial Sanganon (Riss-Würm), cuja transgressão ocorreu há 80 mil anos. Este cobriu apenas os baixios entre os terraços anteriores (Fig. 4, fase C).

O glacial de Wisconsin (Würm) expôs os depósitos formados anteriormente. Muitas lagoas rasas permaneceram por algum tempo. Os processos erosivos colmataram a maioria dessas lagoas com material oriundo dos terraços I e II, quando foram sucedidas por zonas paludais ainda no Pleistoceno.

A regressão de Wisconsin deixou a descoberto extensas áreas, onde houve expressivas deposições de sedimentos lagunares na região Nordeste da Laguna dos Patos, isolando totalmente a Lagoa dos Barros e parcialmente a Lagoa do Casamento como resquícios de extensas áreas hoje colmatadas, que constituem banhados. A Lagoa dos Barros está formada sobre o terraço III.

Os terraços I e II constituem sedimentos marinhos do Membro Taim e o terraço III constitui, principalmente, sedimentos lagunares.

A Transgressão Flandriana (Quinta) atingiu sua cota máxima há 6.000 anos B.P., quando iniciou o Holoceno, este caracterizado por pequenas oscilações do nível do mar, desde 5 m a 1 m, e cada vez menores até os dias atuais. A primeira submergência holocênica, "Older Peron Submergence" atingiu o nível de 5 m e provocou erosão e deposição lagunar (Facies Lagunar de Formação Quinta) bem como marinha.

Essa deposição rasa constitui o terraço IV, que se estendeu ao longo de toda costa do Rio Grande do Sul (5.000 anos B.P.).

Com o abaixamento gradual do nível das águas, ficaram emersos os sistemas de feixes de restingas, aprisionando as lagoas Itapeva e Quadros e as lagoas em rosário, a partir de Tramandí até São José do Norte, e todo o litoral Sul. Terraços V e VI, correspondentes às submergências "Younger Peron" (\pm 3.000 anos B.P.) e Abrolhos (2.300 anos B.P.), segundo FAIRBRIDGE (Fig. 2, fase A), completaram os trabalhos de deposição, tanto marinho quanto lagunares, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, que na região de Rio Grande evidenciaram sete sequências de feixes de restinga (GODOLPHIM 1976). Entre essas sequências podem ser encontradas pequenas lagoas com tendência à rápida colmatção, pela atividade eólica regional (Fig. 4, fase E).

Uma forma sucinta dos principais eventos quaternários na Planície Costeira e sua vinculação à gênese das lagoas é apresentada a seguir (Tabela 1).

Tabela 1: Resumo dos principais eventos de Planície Costeira do Rio Grande do Sul, relacionados à gênese das lagoas.
Baseado nas curvas de FAIRBRIDGE (1961) e nos trabalhos de JOST (1971), SOLIANI (1973) e SOLIANI & JOST (1976)

97

EPOCA	EVENTO	TEMPO nível mIn/mãx (x1000 anos B.P.)	TERRAÇO	DINÂMICA DA EVOLUÇÃO	FORMAÇÃO/ MEMBRO	ETAPA DA GÊNESE LAGUNAR	SISTEMA DE LAGOAS FORMADO
P L E I S T O C E N O	G. NEBRASKAN (Günz)	275	-	-	-	-	-
	I. AFTONIAN (Günz-Mindel)	250	I	barra marinha de fundo raso (perfil equilíbrio)	M.Taim F.Chuí	submersão total	-
	G. KANSAN (Mindel)	180	I	exposição da barra marinha	M.Taim	desvio da água continental em dire- ção SW	início Laguna dos Patos e Mirim
	I. YARMOUTH (Mindel-Riss)	150	II	erosão parcial do terraço I, acumula- ção 2ª barra mari- nha rasa (perfil equilíbrio)	M.Taim	submersão com formação de barra ma- rinha ampla	Laguna dos Patos e Mirim
	G. ILLINOIAN (Riss)	125	II	exposição da barra	M.Taim	desvio da água da L.Patos até próxi- mo a Rio Grande; isolamento L.Mirim	Laguna dos Patos e Mirim
	I. SANGANON (Riss-Würm)	80	III	recobrimento dos baixios entre ter- raços I e II	M.Taim+ M.Santa Vitória	sedimentação lagunar do leito da L.dos Barros e praial marinho do "Sistema de Osório"	início Lagoa dos Barros e "Sistema Osório"
H O L O C E N O	G. WISCONSIN (Würm)	60 - 16	III	exposição do terra- ço III	M.Taim+ M.Santa Vitória	isolamento de vasto sistema de lago- as (maioria colmatadas por erosão); rompimento barra Taim; isolamento L.Caiubá	Lagoa dos Barros lagoas de Osório Lagoa Caiubá
	Transgressão Flandriana	16 - 6	-	retrabalhamento dos sedimentos expostos anteriormente, para Formação Quinta	Facies marinhas da F. Quinta	reingresso do mar na Laguna Mirim	início sistema de lagoas em "rosário" a Leste e associadas à L.dos Patos
	Transgressão "Older Peron"	5	IV	erosão, transporte e redeposição em fundo oceânico raso	Facies lagunar e mari- nha da F. Quinta	deposição lagunar (L.Patos e Mirim) e isolamento do sistema de lagoas em "rosário" a Leste, por feixes de restinga	L.Negra e outras da margem lagunar; Ita- peva, Quadros, em "rosário" até S.José do Norte
	Transgressão "Younger Peron"	3	V	idem	idem	crescimento dos feixes de restinga para SW da barra do Taim	Lagoa das Flores e início L.Mangueira
	Transgressão Abrolhos	2,6	VI	idem	idem	fechamento dos feixes de restinga a Leste do canal do Taim; rompimento da barra ao Norte da L.Mirim e for- mação do canal São Gonçalo	Lagoa Mangueira Lagoa Nicola Lagoa Jacaré

Morfologia.

A. Sistemas lacustres.

A classificação das bacias hidrográficas brasileiras, apresentadas por BRASIL (1979) coloca as lagoas costeiras do Rio Grande do Sul na bacia do Atlântico Sul, trecho Sudeste, sub-bacia no. 87 e 88, insuficiente para estudos localizados na região. A partir de observações de campo, baseadas no regime hidrológico de interligação das lagoas por canais, por um lado, e na forma de ligação por barras com o mar, por outro lado, é apresentada a classificação abaixo, em sistemas lacustres (Fig. 1).

1. Sistema Tramandaí, ligado, permanentemente, por barra, ao mar, com dois subsistemas: ao Norte da desembocadura de Tramandaí, formado pelas lagoas Itapeva, dos Quadros e conjunto de lagoas de Osório; ao Sul, a partir da Laguna Tramandaí, passando por uma sequência de lagoas em colar, até à Lagoa da Porteira. Este sistema se encontra interligado por canais permanentemente abertos ao subsistema Norte, que drena a água das escarpas da Serra Geral. O volume de água que escoar por este subsistema impede que os efeitos da maré se façam sentir, através de refluxo de água que atinge apenas pequenos trechos do delta do Rio Tramandaí, na laguna de mesmo nome, não atingindo nenhuma lagoa a montante. O subsistema Sul apresenta o trecho a montante fechado durante alguns meses do ano e aberto nos demais, enquanto o trecho final encontra-se sempre aberto, sofrendo os efeitos das marés. O sistema Tramandaí apresenta características estuarinas (LIRA et al. 1976; CHOMENKO 1981), que afeta algumas lagoas do subsistema Sul;

2. Lagoa dos Barros, isolada dos demais sistemas, vinculada à gênese da Laguna dos Patos;

3. Sistema das Lagoas Isoladas, desde a Lagoa do Quintão até a Lagoa São Simão. Formado por uma sequência de lagoas isoladas entre si ou raramente interligadas, e que, nos períodos de pluviosidade mais intensa (julho, agosto), abrem barras de escoamento direto para o mar. Este sistema não apresenta característica estuarina, pois o mar não reflui por ocasião da preamar;

4. Sistema da Lagoa do Peixe, formado pela Lagoa do Peixe, ligado pelas lagoas do Fundo, Pai João, Veiana e Paurá. Permanece fechada durante alguns meses do ano, acumulando a água drenada através de banhados e lagoas adjacentes, elevando sua cota até o momento de romper os sedimentos acumulados da praia e abrir uma barra em direção ao mar. Nos meses em que permanece aberta a barra, o sistema comporta-se como estuarino;

5. Sistema tipo Bojuru, formado por pequenas lagoas, isoladas por feixes de restinga ou cordões de dunas (seg. GODOLPHIM 1976; SELTZER 1976), muito próximas ao mar (em tomo de 500 m) e que se comportam, hidrologicamente, da mesma forma que o sistema das lagoas isoladas. A Lagoa Bojuru Velho constitui um exemplo para este sistema;

6. Sistema do Banhado do Estreito, formando o Banhado do Estreito que drena águas até a lagoa de mesmo nome, também com ligação sazonal ao mar através de barra e sem refluxo;

7. Sistema do Banhado do Taim, na parte Sul da Planície Costeira, constituindo um extenso banhado que drena água das lagoas Mangueira, Jacaré, Caiubá, Flores e Nicola. O sistema Banhado do Taim liga-se à Laguna Mirim que, por sua vez, através do Canal São Gonçalo, liga-se à Laguna dos Patos. Como este sistema drena água de uma razoável superfície de acumulação, para uma pequena calha de escoamento, são cíclicas inundações no Banhado do Taim.

As lagoas dos Patos e Mirim, de idade pleistocênica, constituem o escoadouro natural dos rios das sub-bacias 87 e 88, respectivamente (BRASIL 1979).

B. Descrição morfométrica.

De acordo com a tipologia prévia estabelecida por SCHÄFER (1982) e SCHÄFER et al. (1983) para o sistema de lagoas da região, foram escolhidas cinco lagoas que representam tipos extremos e alguns intermediários ao longo de toda a Planície, onde se realizaram medidas morfométricas mais completas: Lagoa Horácio, pertencente ao Sistema de Tramandaí, de até 2,30 m de profundidade e transparência até o fundo; Lagoa Rincão das Éguas, de até 3,50 m de profundidade e transparência de 0,60 m, do mesmo sistema porém com características intermediárias de profundidade e transparência; Lagoa dos Moleques, de até 11,0 m de profundidade e transparência de 6,00 m, do Sistema de Lagoas Isoladas; lagoas Nicola, de até 1,50 m de profundidade e transparência de 0,40 m e Jacaré, de até 2,30 m de profundidade e transparência de 0,30 m a 1,20 m, do Sistema de lagoas do Banhado do Taim.

A Tabela 2 apresenta os valores medidos.

Tabela 2: Valores morfométricos das cinco lagoas escolhidas para este estudo, a partir de dados planimétricos de cartas da D.S.G. e mapas batimétricos de setembro de 1982. Os valores de \bar{z} foram obtidos de V/A.

Lagoa	comprim. máx (1) (km)	área (A) (km ²)	volume (V) (m ³ ×10 ⁶)	prof.máx. ($\bar{z}_{máx}$) (m)	prof.méd. (\bar{z}) (m)	perim. (L) (km)	des.per. (D _L)	fetch (km)
Horácio (3)	1,16	0,62	0,76	2,30	1,21	3,10	1,11	1,5
Rincão das Éguas (2)	3,85	5,52	11,82	3,50	2,14	14,05	1,69	2,8
Moleques (1)	1,33	1,06	6,10	11,00	5,76	3,15	1,02	1,2
Nicola (5)	2,60	2,58	2,87	1,50	1,11	6,00	1,05	1,4
Jacaré (4)	2,23	1,45	2,35	2,30	1,62	5,00	1,17	2,2

Segundo STRASKRABA (1980), \bar{z} é um critério utilizável para medidas uniformes e obtenção de modelos para lagos em todo mundo. Baseado em NEUMANN (1959), foi estabelecido o quociente entre a profundidade média e máxima.

Aplicando a equação da regressão, obteve-se melhores correlações entre a profundidade máxima ($z_{máx}$) e profundidade média (\bar{z}), utilizando a exponencial, onde resultou para $y = 0,75 \times 0,83^x$, com grau de correlação de $r = 0,997$.

Foi obtido o valor de \bar{z} em cada uma das cinco lagoas, a partir do levantamento batimétrico, que permitiu a obtenção de $z_{máx}$ e o cálculo do volume (V) dividido pela área (A) revelou o \bar{z} .

Segue a Tabela no. 3, de alguns valores morfométricos de 61 lagoas. Profundidade média (\bar{z}) foi calculado para quociente $0,75 z_{máx}^{0,83}$.

Tabela 3: Valores morfométricos das lagoas costeiras.

no.	Lagoa	superfície (km ²)	prof. máx. (m)	prof. méd. (m)	volume (m ³ x 10 ⁶)
1	Itapeva	95,16	3,5	2,23	212,00
2	Quadros	119,00	3,5	2,23	265,30
3	Ramalhete	4,76	1,8	1,28	6,10
4	Malvas	15,00	1,9	1,34	20,56
5	Palmital	11,72	3,0	1,96	22,97
6	Pinguela	29,08	3,3	2,12	63,22
7	Marcelino	0,40	1,5	1,10	0,44
8	Peixoto	3,26	2,5	1,68	5,49
9	Caconde	4,06	2,5	1,68	6,82
10	Lessa	6,86	2,0	1,40	1,60
11	Caieira	2,46	2,0	1,40	3,44
12	Horácio	0,62	2,3	1,57	0,76
13	Inácio	0,56	2,2	1,52	0,85
14	Rincão I.	0,80	2,0	1,40	1,12
15	Rincão II	0,70	2,0	1,40	0,98
16	Veados	3,90	1,3	0,98	3,82
17	Emboaba	1,30	1,7	1,22	1,59
18	Tramandaí	12,86	1,5	1,10	14,15
19	Armaçém	5,54	1,5	1,10	6,09
20	Custódias	9,58	1,5	1,10	10,54
21	Gentil	9,88	1,5	1,10	10,87
22	Manuel Nunes	5,30	2,0	1,40	7,42
23	Fortaleza	18,54	2,6	1,74	32,27
24	Rondinha	8,92	2,5	1,68	5,28
25	Cidreira	6,76	2,1	1,46	9,86
26	Cerquinha	8,66	1,8	1,28	11,11
27	Rincão das Éguas	5,52	3,5	2,23	11,82
28	Cipó	2,68	1,6	1,16	3,12
29	Porteira	18,68	4,2	2,59	48,41
30	Barros (Osório)	90,00	4,1	2,54	228,64
31	Potreirinho	2,00	2,2	1,52	3,03
32	Capão Alto	2,10	2,9	1,91	4,00
33	Quintão	7,80	4,0	2,49	19,41
34	Charqueadas	0,96	4,1	2,54	2,44
35	Barros (Solidão)	7,60	7,5	4,19	32,29
36	Barrinho	0,50	6,0	3,48	1,74
37	Taíña	0,50	6,2	3,58	1,79
38	Barro Velho	4,86	8,0	4,42	21,48
39	Moleques	1,06	11,0	5,76	6,10
40	Tarumã	4,16	6,0	3,48	14,50
41	Figueira	7,08	11,0	5,76	37,70
42	Rebeca	0,10	4,0	2,49	0,25
43	Cinza	1,32	4,0	2,49	3,29
44	Papagaio I	1,46	5,2	3,09	4,52
45	Papagaio II	0,28	5,2	3,09	0,87
46	Ponche	0,96	4,5	2,74	2,63
47	São Simão	4,60	6,0	3,48	16,03
48	do Fundo	1,48	5,2	3,09	4,58

Continuação Tabela 3.

no.	Lagoa	superfície (km ²)	prof. máx. (m)	prof. méd. (m)	volume (m ³ x 10 ⁶)
49	Pai João	0,28	5,0	3,00	0,84
50	Veiana	1,78	1,2	0,92	1,63
51	do Peixe	43,70	0,3	0,29	12,67
52	Paurá	0,80	1,5	1,10	0,88
53	Bojuru Velho	0,16	2,2	1,52	0,24
54	Tuneira	17,60	1,3	0,98	17,23
55	Caiubá	17,50	3,5	2,23	38,99
56	das Flores	11,30	2,5	1,68	19,04
57	Nicola	2,58	1,5	1,10	2,87
58	Jacaré	1,45	2,3	1,57	2,35
59	Mangueira	802,00	4,0	2,49	1.996,11
60	Mirim	3.520,00	—	—	—
61	dos Patos	9.280,00	—	—	—

Pela ação contemporânea do vento de direção predominante Nordeste, associado à direção de formação das barreiras arenosas múltiplas que originaram todo sistema lagunar costeiro, as lagoas apresentam um gradiente morfológico que vai desde as lagoas mais profundas isoladas (ver sistemas lacustres), assimétricas, até as rasas, simétricas, de áreas de banhados. Perfis batimétricos revelam esta tendência, de modo que a influência da invasão das dunas é gradualmente substituída pelo processo de colonização da vegetação (SCHÄFER et al. 1983). Esta tendência é claramente observável na região de Osório, cujas lagoas, de idade pleistocênica, são gradualmente invadidas pela vegetação da margem. Nas lagoas de idade holocênica, observa-se nítida assimetria nos perfis batimétricos, que somente desaparece nas áreas de banhado. Nestas lagoas há uma nítida zonação da vegetação da margem, consequência da direção do vento, do desenvolvimento do perímetro (D_L) e do perfil batimétrico (SCHWARZBOLD 1982).

Os efeitos da migração das dunas e seu cancelamento por gradual processo de colonização da margem pela vegetação, constituindo uma zonação própria, nos seus aspectos ecológicos e biogeográficos, serão publicados posteriormente.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt einen Beitrag zur ökologischen und biogeographischen Typisierung der Küstenseen von Rio Grande do Sul dar. Die Kenntnis der Genese und der morphologischen Besonderheiten der untersuchten Seen ermöglicht das Verständnis ökologischer und biogeographischer Zusammenhänge. Die hier dargestellten morphologischen Charakteristiken wurden auf der Grundlage eigener Erhebungen erarbeitet, während die Abhandlung der Genese eine kritische Literatursichtung beinhaltet.

Die Küstenseen können nach ihren morphologischen Besonderheiten in drei Gruppen eingeteilt werden, die sich von ihrem Stoffhaushalt und ihren Lebensgemeinschaften stark unterscheiden. Es handelt sich dabei um die Gruppe der tiefen Seen, bis 11 m, den mitteltiefen Seen, bis 3,5 m und den flachen Küstenseen mit einer Maximaltiefe unter 1,5 m.

Auf der Grundlage der Untersuchungen wurde eine neue Formel zur Berechnung der mittleren Tiefe ausgearbeitet, die von den im IBP-Projekt genannten Zahlen abweicht. Diese Relation zwischen maximaler und mittlerer Tiefe $\bar{z} = 0,75 z_{\max}^{0,83}$ kann als typisch für die morphologische Struktur von Flachseen betrachtet werden.

Referências bibliográficas

- BARNES, R.S.K. (1978): The coastline.- John Wiley, New York: 356 p.
- BARNES, R.S.K. (1980): Coastal lagoons.- Cambridge, Cambridge Univ. Pres. 106 p.
- BIRGE, E.A. & C. JUDAY (1911): The inland lakes of Wisconsin the dissolved gases of the water and their biological significance.- Bull. Wis. Geol. Nat. Hist. Survey 22, Sci. Ser. 7: 259 p.
- BRASIL (1979): Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - Divisão de Controle de Recursos Hídricos. Inventário das Estações Flúviométricas atualizadas até junho de 1979. Brasília.
- CHOMENKO, L. (1981): Influência da Salinidade na Distribuição de Moluscos do Gênero *Littoridina* na área correspondente ao Litoral Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.- Porto Alegre, UFRGS, Curso de Pós-Graduação em Ecologia: 205 p., Diss. M. Sc.
- DELANEY, P.J.V. (1958): Geologia e Ecologia do Litoral Gaúcho.- Boletim Geográfico do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 3 (8): 28 - 31.
- DELANEY, P.J.V. (1960a): Lagoas Cordiformes do Rio Grande do Sul - Brasil.- Boletim da Escola de Geologia da UFRGS, Porto Alegre 3: 1 - 24.
- DELANEY, P.J.V. (1960b): A Planície Costeira e o Sistema Lagunar do Rio Grande do Sul.- Rev. Nat. Geomorf. Univ. Cat. Campinas, Campinas 6/7: 5 - 11.
- DELANEY, P.J.V. (1962): Considerações sobre a Fisiografia e Geologia da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.- Escola de Geologia da UFRGS, Porto Alegre, 31 p. (avulso 2).
- DELANEY, P.J.V. (1963): Quaternary Geology History of the Coastal Plain of R.G.S.- Louisiana State University (Louisiana State University Studies, Coastal Studies, ser. 7): 62 p.
- DELANEY, P.J.V. (1965): Fisiografia e Geologia de Superfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.- Escola de Geologia da UFRGS, Porto Alegre, Publ. Esp. 6: 105 p. + mapa.
- FAIRBRIDGE, R.W. (1961): Eustatic changes in sea level.- London Pergamon Press. (Physics and Chemistry of the Earth, 4).
- FORBES, S.A. (1887): The lake as a microcosm.- Bull. Peoria (III) Sci. Assoc. Reprinted in: III-Nat. Hist. Serv. 15: 537 - 550 (1925).
- FOREL, F.A. (1904): Le Léman: Monographie limnologique.- Tome III. Biologie, Histoire, Navigation Pêche. Reprinted: Geneve 1969.
- GODOLPHIM, M.F. (1976): Geologia do Holoceno Costeiro da Área de Rio Grande, RS.- Inst. Geociências da UFRGS, Porto Alegre: 146 p. + mapa. Diss. M. Sc.
- HUTCHINSON, G.E. (1957): A Treatise on Limnology.- New York, John Wiley: 1015 p.
- JOST, H. (1971): O quaternário da Região Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Brasil.- Inst. Geociências da UFRGS, Porto Alegre: 79 p. Diss. M. Sc.
- JOST, H., PINTO, F.J. & E.L. LOSS (1971): Novas informações estratigráficas sobre o quaternário da Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Brasil. In: Anais do Congresso Brasileiro de Geologia 25: 49 - 52, São Paulo.
- JOST, H., SOLIANI Jr., E. & M.F. GODOLPHIM (1974): Evolução Paleogeográfica da Região da Lagoa Mirim, RS, SE do Brasil. In: Actas del Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía 1. Tucuman 2: 575 - 587.
- LE CREN, E.D. & R.H. LOWE-McCONNELL (1980): The functioning of freshwater ecosystems.- Cambridge University Press. 588 p.
- LIRA, L., MARTINS, I., ARAUJO, T.H. & E.A. DEHNARDT (1976): Nota prévia sobre o comportamento da cunha salina no Estuário de Tramandaí, RS.- An. UFRPE - Ciências Biológicas, Recife 3 (1): 115 - 126.

- MARTINS, L.R. (1967): Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.- Esc. Geologia da UFRGS. Publ. Esp., Porto Alegre 13: 1 - 107.
- MONTEIRO, F.C.A. (1969): A frente pela Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sub-oriental do Brasil.- São Paulo, Universidade de São Paulo, Inst. Geogr.
- MORENO, J.A. (1961): Clima do Rio Grande do Sul.- Boletim Geográfico do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 6 (11): 49 - 54.
- NAUMANN, E. (1931): Limnologische Terminologie.- Berlin: 776 p.
- NEUMANN, J. (1959): Maximum depth and average depth of lakes.- J. Fish. Res. Bd. Canada 16: 923 - 927.
- PUHL, I.J. (1961): A atuação dos ventos na formação dunar e pedogênica do litoral Rio-grandense.- Veritas, Porto Alegre 1 (supl.): 48 - 58.
- SCHÄFER, A. (1982): Características das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul.- (Res.) IX Congresso Brasileiro de Zoologia, Porto Alegre.
- SCHÄFER, A.E., LANZER, R.M. & A. SCHWARZBOLD (1983): Die Küstenseen von Rio Grande do Sul, Brasilien: ökologische und biogeographische Aspekte.- Ver. Ges. Ökol. Bremen (im Druck).
- SCHWARZBOLD, A. (1982): Influência da morfologia no balanço de substâncias e na distribuição de macrófitos aquáticos nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul.- Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Ecologia da UFRGS: 95 p. Diss. M. Sc.
- SELTZER, F. (1976): Geologia e paleogeografia da Restinga da Laguna dos Patos - RS.- Porto Alegre, Inst. Geociências da UFRGS: 117 p. + mapa. Diss. M. Sc.
- SOLIANI Jr., E. (1973): Geologia da região de Santa Vitória do Palmar, RS e a posição estratigráfica dos fósseis de mamíferos pleistocênicos.- Porto Alegre, Inst. Geociências da UFRGS: 88 p. Diss. M. Sc.
- SOLIANI Jr., E. & H. JOST (1976): Plano integrado para o desenvolvimento do Litoral Norte do Rio Grande do Sul; adequação de uso do solo; mapeamento geológico e geomorfológico: Fundação de Economia e Estatística, Porto Alegre: 122 pp.
- STRAHLER, A.N. (1981): Geografia Física.- Barcelona, Omega. 767 p. + 6 f.
- STRASKRABA, M. (1980): The effects of physical variables on freshwater production: analysis based on models. In: LE CREN, E.D. & R.H. McCONNELL: The Functioning of freshwater ecosystems.- Cambridge University Press. Cap. 4; 13 - 84.
- THIENEMANN, A. (1913): Der Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers und der Zusammensetzung der Tiefenfauna unserer Seen.- Int. Hydrobiol. 6: 243 - 249.
- THIENEMANN, A. (1925): Die Binnengewässer Mitteleuropas. Eine limnologische Einführung.- Binnengewässer 1: 1 - 255.
- THIENEMANN, A. (1927): Der Bau des Seebeckens in seiner Bedeutung für den Ablauf des Lebens im See.- Verh. Zool. Bot. Ges. Wien 77: 87 - 91.
- THIENEMANN, A. (1928): Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. Ein Beitrag zur See-typhenlehre.- Binnengewässer 4: 175 p.
- VILLWOCK, J.A. (1972): Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul.- Porto Alegre, Inst. Geociências da UFRGS: 133 p. Diss. M. Sc.
- VILLWOCK, J.A. (1977): Aspectos da sedimentação na região nordeste da Lagoa dos Patos: Lagoa do Casamento e saco do Cocuruto, RS, Brasil.- Porto Alegre, Inst. Geociências da UFRGS: 189 p. Tese de Doutorado.
- ZENKOWITZ, V.P. (1959): On the genesis of cusped spitz along lagoon shores.- Journal of Geology 67: 269 - 277.
- ZENKOWITZ, V.P. (1967): Processes of coastal development.- London, Oliver & Boyd: 738 p.
- ZENKOWITZ, V.P. (1969): Origin of barrier beaches and lagoon coast. In: CASTANHARES, L.A. & F.B. PHLEGER: Lagunas Costeras.- México, Universidad Autonoma de México: 27 - 38.

Endereço dos autores:

Aceito para publicação Outubro 1984

Prof. M. Sc. Albano Schwarzbold
Centro de Ecologia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Paulo Gama s/n
90 000 Porto Alegre, RS
Brasil

Dr. Alois Schäfer
Fachrichtung Biogeographie
Universität des Saarlandes
D - 6600 Saarbrücken
R.F.A.