

1 PALEOCLIMAS

São Paulo, 1971

VARIAÇÕES CLIMÁTICAS NO QUATERNÁRIO SUPERIOR DO BRASIL E SUA DATAÇÃO RADIO-MÉTRICA PELO MÉTODO DO CARBONO 14

J. J. BIGARELLA

I — INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere os resultados de uma série de 12 análises radiométricas realizadas em amostras de madeira, conchas e paleossolos coletadas em depósitos do Pleistoceno Superior e do Holoceno no Brasil. Esta série de dados, representa uma das primeiras informações com maiores detalhes sobre a idade absoluta de alguns eventos, relativos a flutuações climáticas no Quaternário do Brasil.

As amostras coletadas procedem de depósitos situados tanto na planície costeira como no planalto do Brasil Meridional. Elas referem a idade de depósitos fluviais, coluviais, eólicos, lagunares e marinhos. As análises foram gentilmente realizadas pela "Radiocarbon Dating Section" do Smithsonian Radiation Biology Laboratory; pelo U.S. Geological Survey e pela firma Isops Inc. Consignamos nossos agradecimentos à cooperação e ao interesse demonstrado pelos professores Clifford Evans, Robert G. Reeves e Wesley R. Hurt no encaminhamento do material destinado à datação e que constitui o tema do presente trabalho.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
EDIFÍCIO DE GEOGRAFIA E HISTÓRIA
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"
Caixa Postal N.º 20.175
SÃO PAULO
(Capital)

Estes dados, embora ainda muito fragmentários, permitem visualizar a importância e praticabilidade do método no esclarecimento de uma série de problemas relativos à sedimentação e condições climáticas vigentes no Wisconsin Superior e no Holoceno do Brasil.

II — MATERIAL E MÉTODOS

O material coletado nos vários afloramentos, após secagem, foi devidamente acondicionado em folha de alumínio, e encaminhado ao laboratório para datação radiométrica. No campo, procedeu-se ao levantamento da seção indicando a posição da amostra. Procurou-se correlacioná-la a um nível de deposição ou erosão. No início das pesquisas a obtenção de amostras era um tanto difícil e casual. Atualmente, entretanto, é possível sistematizar a pesquisa, analisando-se uma localidade com maiores detalhes. Aumentam, assim, consideravelmente as possibilidades de um conhecimento mais profundo dos eventos que afetaram uma determinada área e fase do Quaternário Superior do Brasil.

III — LOCALIDADES ESTUDADAS

As localidades estudadas são a seguir, classificadas de acordo com o ambiente.

A) Ambiente fluvial

a) Estação Experimental do Trigo de Curitiba

Nos terrenos da Estação Experimental de Trigo, situada na Estrada da Ribeira a cerca de 18 km de Curitiba, num canal de drenagem foi coletada a amostra de madeira submetida à datação radiométrica (Bigarella, 1964). O local de coleta situa-se na várzea. Esta é caracterizada por duas sequências sedimentares distintas. A mais antiga, constituída por depósitos de cascalho ou de areia grosseira, jaz discordantemente sobre gnaisses do complexo cristalino. Os gnaisses na zona de contacto com os sedimentos rudáceos ou arenosos, embora se mostrem hoje alterados, conservam sua estrutura gnaissica. Este fato, sugere que na época da deposição da porção basal da Várzea, os gnaisses se apresentavam como rochas frêscas pouco alteradas, embora apreciavelmente desintegradas. Este aspecto basal da sedimentação das Várzeas revela condições de climas ríginos pré-deposicionais. O embasamento dos sedimentos da Várzea representa uma superfície elaborada durante fase climática sê-

ca. O preenchimento do plaino aluvial com cascalho e areia deu-se portanto, em clima mais rigoroso que o atual, uma vez que nas várzeas modernas não se depositam sedimentos similares.

A sequência inferior é rica em estruturas primárias, principalmente estratos cruzados e camadas que evidenciam transporte em lençóis, dentro de um sistema atual de meandros das planícies de inundação referidas também sob sistema atual de meandros das planícies de inundação referidas também sob designação de várzea.

Atualmente nas várzeas, as areias são transportadas apenas nos canais de drenagem, não existindo vestígio de transporte em lençol. Na várzea da Estação Experimental de trigo de Curitiba, a sequência sedimentar mais recente jaz sobre a anterior. É constituída por clásticos mais finos (siltico-argilosos), ricos em matéria orgânica, depositados sob condições climáticas úmidas similares às atuais. O conjunto é recoberto por um manto coluvial.

Dessa forma, o conjunto sedimentar do plaino aluvial representa duas épocas climáticas distintas, respectivamente sêca e úmida. O fragmento de madeira foi coletado na parte superior das camadas arenosas próximo ao limite com as camadas siltico-argilosas, isto é, quase no limite representado pela inconformidade separando as duas fases climáticas (Bigarella, 1964). A análise radiométrica da amostra de madeira revelou a idade de 2.420 ± 220 anos (Report no. WR — 1272; Isotope Geology Lab.; U. S. Geological Survey). A importância desta amostra reside no fornecimento da data limite da última fase de colúviação local, não fornecendo propriamente a idade da transição climática da época mais sêca, de tipo semi-árido (responsável pela deposição das camadas rudáceo-arenáceas) para época de clima mais úmido, como foi por nós previamente considerado (Bigarella, 1964).

b) Cidade Universitária (Butantã) São Paulo

No plaino aluvial do rio Pinheiros em São Paulo, dentro dos terrenos da Cidade Universitária, foram encontradas em "cavas" de areia grandes quantidades de madeira lignificada. Os fragmentos ocorrem associados a areia com estratificação cruzada depositadas num regime fluvial inteiramente distinto do hodierno. Trata-se de sedimentos de canais anastomosados (braided stream deposits) depositados sob condições climáticas diferentes das atuais. A natureza dos depósitos e sua estrutura não correspondem aos sedimentos modernos do rio Pinheiros (anteriores à retificação do curso) onde predominam

meandros, depósitos de canais, banquetas e várzea de inundação (*backswamp*). Ambientalmente, a sedimentação dos areais da Cidade Universitária de São Paulo não corresponde ao clima úmido atualmente vigente, mas a um clima mais seco, do tipo semi-árido, caracterizado pela concentração de chuvas em curto período do ano.

Os sedimentos arenosos não puderam ser correlacionados com qualquer nível de sedimentação ou erosão situado na margem do plano aluvial. Eles encontram-se recobertos por cerca de 80 centímetros de sedimentos siltico-argilosos depositados sob condições de clima úmido semelhante ao atual. A superfície de contacto entre os depósitos arenosos e os siltico-argilosos, corresponde a um hiato separando dois regimens diversos de sedimentação, os quais representando condições hidrológicas e climáticas distintas (fig. 1).

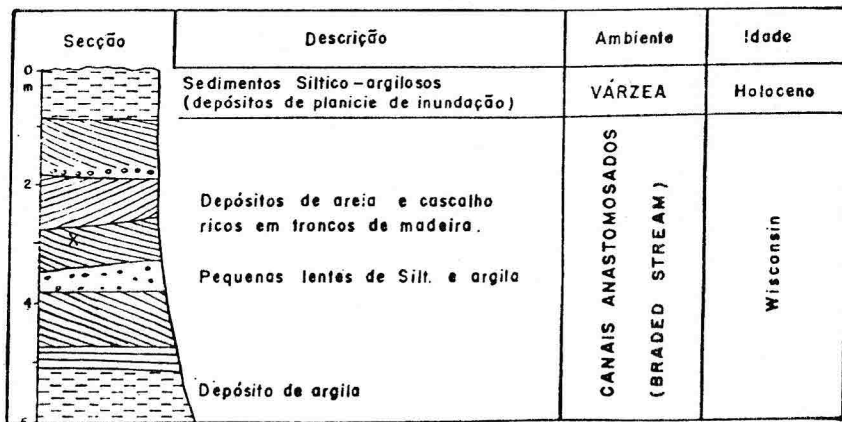


Figura 1 — Seção geológica do areal da Cidade Universitária de São Paulo, onde foi coletada a amostra de madeira lignificada.

A amostra analisada (Análise SI — 430; Smithsonian Institution) — foi coletada a 3 m abaixo da superfície, portanto, na camada arenosa depositada em clima do tipo semi-árido. A análise revelou uma idade maior do que 40.000 anos, não se conhecendo portanto, sua idade absoluta (fig. 9; referência 18).

A presença de grandes e abundantes troncos de madeira associados aos depósitos arenáceos de clima mais seco ou semi-árido poderia ter, talvez, mais de uma explicação. É pouco provável a coexistência lado a lado de extensas florestas e largos plainos aluviais com canais anastomosados de uma drenagem intermitente. Lamentavelmente, ainda falta uma análise palinológica para a identificação da flora fóssil do depósito. Não sabemos, portanto, se a associação florística corresponde a clima úmido do tipo atual, ou a clima mais seco. O que nos parece mais provável é de que os troncos foram incorporados ao depósito durante a transição climática do úmido para o semi-árido.

Na figura 9 pode-se verificar que para uma idade superior a 40.000 anos correspondem, na curva de variação da intensidade da glaciação Wisconsin, períodos ou fases de clima mais ameno alternando com climas mais rigorosos. Já foi suficientemente documentado que às glaciações Quaternárias correspondem no Brasil períodos semi-áridos e aos interglaciais climas mais úmidos. (Bigarella & Ab'Sáber, 1964; Bigarella & Andrade, 1965; Bigarella, Mousinho & Silva, 1965).

As fases de clima mais ameno durante a glaciação Wisconsin teriam permitido a expansão e maior desenvolvimento das florestas, as quais com a deterioração do clima teriam sido arrastadas vertente abaixo e soterradas rapidamente nos plainos aluviais durante o regime fluvial intermitente do novo período de clima mais rigoroso.

Embora a datação não seja absoluta, ela refere uma antiguidade relativamente acentuada para os depósitos arenosos da Cidade Universitária de São Paulo, colocando-os pelo menos no Wisconsin. Estes depósitos, talvez, se relacionem com os baixos terraços de cascalheiros referidos como Tc por Bigarella e Mousinho (1965).

c) Plano aluvial entre Tijucas e Canelinha (S.C.)

No plano aluvial do rio Tijucas, situado a 10 km a montante da cidade homônima, foi coletada a amostra descrita neste item. Ela procede do primeiro terraço de várzea (Tv₁) situado acima da várzea de inundação moderna. Este terraço não é normalmente atingido pelas cheias do rio Tijucas. Ocasionalmente inundações excepcionais podem inundá-lo. O rio e várzea atual acham-se encaixados discretamente no terraço Tv₁. A amostra em questão data aproximadamente a época de deposição correspondente ao entulhamento do plano aluvial até o nível do Tv₁. Sobre a amostra foram depositados mais 80 cm de sedimentos que culminaram com a construção do terraço de várzea Tv₁.

A amostra de madeira coletada neste terraço (análise SI-324; Smithsonian Institution) revelou uma idade radiométrica de 1.600 ± 90 anos (vide figura 8; referência n.º 2).

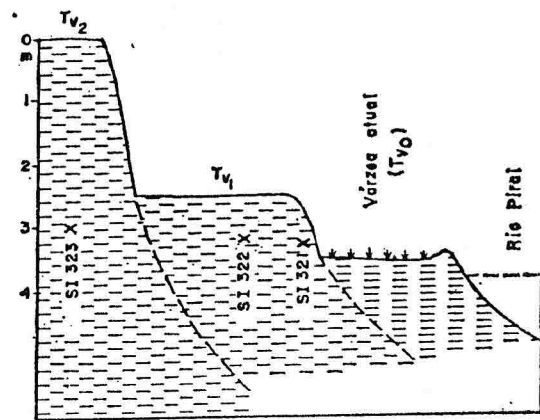


Figura 2 — Terraços de várzea do rio Pirai, na localidade de Poço Grande, Joinville (S.C.).

O entulhamento da várzea foi devido a flutuações do regime hidrológico, quando possivelmente a carga de sedimentos era maior do que a atual, ocasião em que o rio não tinha capacidade suficiente para evacuação dos sedimentos. Esta fase provavelmente correspondeu a um clima mais seco do que o atual, no qual as chuvas eram menos regularmente distribuídas e mais concentradas. De acordo com a Curva de Fairbridge, esta época correspondeu a um nível de mar eustaticamente mais baixo do que o atual. A temperatura média da atmosfera teria sido da mesma forma pouco inferior a hodierna, propiciando ligeira flutuação climática para condições mais secas. Aproximadamente na mesma época foi construído o Sambaqui da Ilha dos Ratos na baía de Guaratuba (Empereire & Laming, 1956) (vide fig. 8; referência n.º 8).

d) *Terraços de várzea do Rio Pirai (S.C.)*

No plano aluvial do Rio Pirai, no município de Joinville, próximo a localidade de Poço Grande, foram coletados fragmentos de madeira incluídos em

dois terraços de várzea distintos, situados respectivamente a 3,3 e 1 m acima do nível da planície de inundação (fig. 2). Trata-se dos terraços de várzea Tv2 e Tv1. Ambos constituem níveis de entulhamento representativos de flutuações hidrológicas no regime do Rio Pirai, as quais são passíveis de correlação com ligeiras mudanças climáticas dentro da época úmida pós-glacial, ainda atualmente vigente. O processo de formação destes terraços de várzea (Bigarella & Mousinho, 1965) é análogo ao da formação do Tv1 do Vale do Rio Tijucas (S.C.). Condições mais secas com concentração de chuvas causaram a sobrecarga de sedimentos fluviais originando o entulhamento do vale até o nível Tv2. A sucessão de fase climática com distribuição de chuvas mais regulares deu lugar à dissecação provocando o embutimento do rio até um nível não precisamente determinado. Nova flutuação climática para o seco originou o terraço de várzea Tv1. Novo embutimento teve lugar a partir do nível Tv1 com a formação da várzea atual.

No terraço de várzea Tv2 foi coletada uma amostra de madeira a cerca de 3 m abaixo da superfície (análise SI — 323; Smithsonian Institution) cuja idade radiométrica revelou ser de 2.440 ± 90 anos (vide fig. 8, referência 3).

As amostras de madeira procedentes do terraço de várzea Tv1 coletadas a 70 e 80 centímetros abaixo da superfície (análises SI — 322 e SI — 321; Smithsonian Institution) apresentaram idades radiométricas de 2.700 ± 100 anos e 2.390 ± 90 anos respectivamente (fig. 8, referência 3).

Do exposto verifica-se que as amostras de madeira incluídas entre os sedimentos do terraço de várzea Tv1 foram retrabalhadas do terraço Tv2; em consequência todas representam uma única época de sedimentação e referem-se à idade do terraço Tv2. O terraço Tv1, do Rio Pirai, possivelmente correlacione-se em idade ao terraço similar do Rio Tijucas.

O período compreendido pela idade das madeiras do Rio Pirai (300 ± 100 anos) corresponde a três posições distintas do nível do mar, sendo duas delas abaixo, e uma acima do nível atual. O terraço de várzea Tv2 do Rio Pirai deve ter sido formado durante as fases de nível do mar baixo, correspondentes a clima ligeiramente mais seco e frio do que o atual.

e) *Rio Pirabeiraba (S.C.)*

Fragmentos de madeira soterrados sob uma camada de 2 m de sedimentos siltico-argilosos foram encontrados num terraço do Rio Pirabeiraba nas proximidades da vila de Rio Bonito junto a antiga estrada de Garuva a Joinville.

Os fragmentos de madeira ocorrem incluídos em lentes de cascalho e areia, pouco abaixo da inconformidade erosiva que separa a sequência inferior (rudácea-arenácea) da superior, constituída por camadas siltico-argilosas (fig. 3).

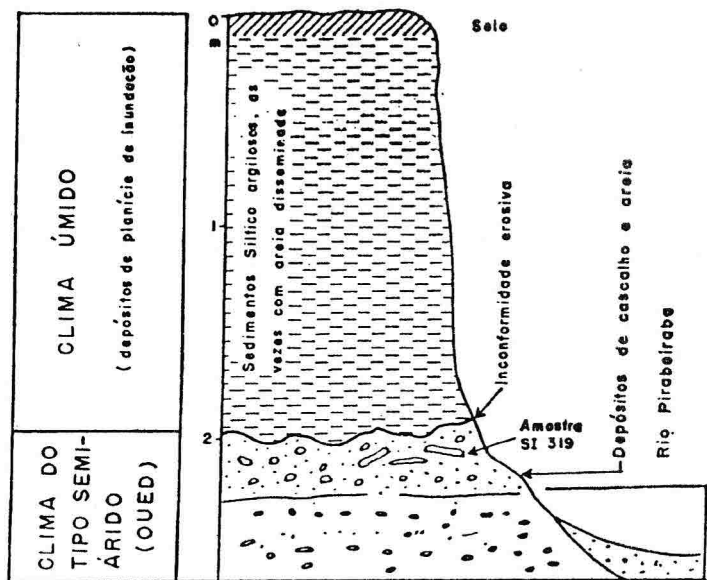


Figura 3 — Seção geológica da localidade de Rio Bonito, na margem rio Pirabeiraba (S.C.).

As camadas de areia e cascalho apresentam-se em forma tabular, tendo sido depositadas sob condições climáticas mais rigorosas, num regime fluvial intermitente, caracterizado pela concentração de chuvas. Os fragmentos de troncos de madeira encontrados na parte superior desta camada, pouco abaixo da inconformidade erosiva, permitem a datação radiométrica do término da fase mais seca responsável pela deposição areno-rudácea. Os depósitos siltico-argilosos da parte superior da secção representam deposição

fluvial sob condições climáticas inteiramente diversas daquelas dos sedimentos subjacentes. Os sedimentos siltico-argilosos sugerem condições análogas aquelas responsáveis pela formação dos terraços da várzea.

A secção do terraço do Rio Pirabeiraba reveste-se de importância uma vez que, através dos fragmentos de madeira nela encontrados, se torna possível datar radiometricamente uma acentuada mudança climática de condições mais rigorosas para mais amenas. Ambas condições são representadas por tipos distintos de sedimentos.

A amostra coletada nesta localidade (Análise SI-319; Smithsonian Institution) revelou uma idade radiométrica de 10.200 ± 100 anos. Esta época antecede aproximadamente ao pequeno glacial Valdres (fig. 9; referência 4), durante o qual o nível do mar encontrava-se eustaticamente bastante mais abaixo do atual, vigorando ao mesmo tempo condições climáticas mais severas com temperaturas médias inferiores às hodiernas. Com o degelo progressivo, o clima tornou-se mais úmido e quente, tendo as florestas adquirido maior expansão cobrindo toda a área e permitindo apenas deposição de material mais fino.

B) Ambiente lagunar

Na planície costeira do Paraná, durante trabalhos de dragagem e retificação do Rio Vermelho, afluente da margem esquerda do Guaraguaçu, foi encontrado um depósito conchífero natural, que forneceu conchas para datação radiométrica. Esta ocorrência encontra-se no interior da planície da Praia de Leste, ao Sul de Paranaguá e não muito distante da Serra da Prata. Nas margens do canal pouco acima do nível das águas, aflora a camada conchífera com cerca de 20 a 30 cm de espessura. As conchas encontram-se sobre sedimentos siltico-argilosos e abaixo de sedimentos arenosos. A camada conchífera é constituída predominantemente por *Anomalocardia brasiliana* representando um ambiente lagunar de águas salobras. As lagoas do interior da planície da Praia de Leste foram completamente colmatadas, delas restando apenas vestígios representados por extensas áreas pantanosas.

A altitude exata da ocorrência é desconhecida em virtude da falta de nivelamento de precisão. Não obstante, a camada conchífera encontra-se acima do nível das águas não sendo mais afetada pela ação das marés, o que indica uma altitude de pelo menos 1 a 2 m sobre o nível médio do mar. Esta localidade documenta um nível marinho pretérito situado de 1 a 2 m, ou mesmo mais, acima do atual.

A amostra de concha (*Anomalocardia brasiliensis*) coletada (Análise SI-431; Smithsonian Institution) revelou a idade de 5.690 ± 200 anos para o depósito (fig. 8, referência 5). Consequentemente, o depósito conchífero do canal do Rio Vermelho evidencia um nível marinho elevado a cerca de 5.700 anos. Esta idade encontra correlativo na curva de Fairbridge, a qual assinala para esta data um nível de mar situado a cerca de 1,5 m acima do atual. As condições climáticas possivelmente foram mais quentes e úmidas do que as atuais.

C) Ambiente marinho

a) Praia suspensa do Tambarutaca (PR)

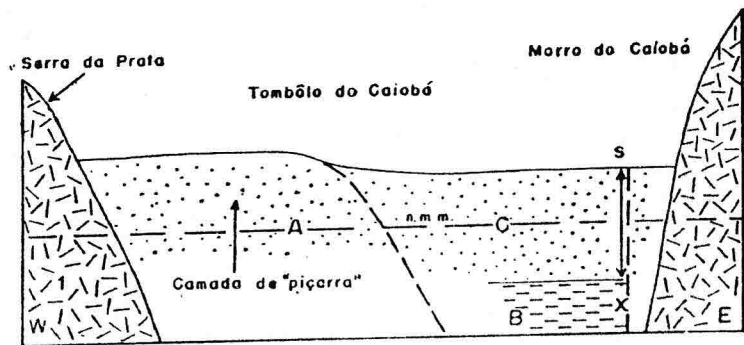
A praia suspensa objeto deste item foi descrita por Bigarella e Sanchez (1966). Situa-se atrás de uma faixa de manguezal e floresta a cerca de 300 m da Baía das Laranjeiras e nas imediações ao sul da localidade denominada Saco da Tambarutaca, no município de Paranaguá (PR).

Os sedimentos da praia suspensa foram depositados de encontro a um barranco de erosão aberto num terraço arenoso de 9 m de altitude sobre o nível médio do mar. A altitude dos sedimentos da praia suspensa varia entre 1,8 e 4,3 m acima do nível médio do mar, portanto, não sendo mais atingidos pelas águas das preamares de sizígia. Eles representam um nível pretérito situado acima do atual cerca de 1,5 m. O encontro de fragmentos de madeira na porção basal do depósito, isto é, intercalados nos depósitos de areias ilmeníticas de pós-praia, permitiu sua datação radiométrica. A amostra coletada revelou uma idade de 2.675 ± 150 anos (Análise I-695; Isotopes, Inc.) (Vide fig 8; referência 6).

Abaixo da camada de areia ilmenítica contendo restos de madeira, encontra-se uma camada de argila. Esta representa sedimentos de água mais calma possivelmente depositados numa lagoa isolada por uma restinga arenosa situada mais a leste. A amostra analisada revela a idade dos sedimentos que precederam a deposição das areias constituintes da praia suspensa do Saco da Tambarutaca. Na curva de Fairbridge, a datação acima referida corresponde a um nível do mar situado a cerca de 1 a 2 m abaixo do atual. Este nível baixo do mar precedeu a submergência que ocorreu a cerca de 2.500 anos, a qual foi responsável pela deposição das camadas arenosas da paleo-praia do Saco da Tambarutaca.

b) Tómbolo de Caiobá (PR)

O tómbolo de Caiobá liga as elevações cristalinas da parte meridional da Serra da Prata com o Morro de Caiobá. Na vila homônima num terreno situado na rua A. Blitzkow entre os n.ºs 47 e 83 foram realizadas perfurações para as fundações de um edifício. Alguns dos furos, atingiram pouco mais de 20 m, atravessando cerca de 4 m de sedimentos arenosos de restinga da porção oriental do tómbolo de Caiobá. O restante penetrou em sedimentos siltico-argilosos contendo uma fauna de moluscos tipicamente marinhos (fig. 4). Anteriormente à deposição das camadas arenosas que formam a parte leste do tómbolo, o morro de Caiobá constituía uma ilha oceânica. Estruturalmente o tómbolo de Caiobá compreende duas formações arenosas distintas. A mais antiga (fig. 4; referência A) situa-se para oeste apresentando elevação ligeiramente superior a da parte leste (fig. 4; referência C). Ela contém em sub-superfície uma faixa enriquecida em matéria orgânica e óxido de ferro, designada vulgarmente de "piçarra". A formação arenosa mais recente (referência C; fig. 4) é desprovida de "piçarra". A datação referida no presente item relaciona-se apenas às camadas B e C representadas esquematicamente na figura 4.



- I - Rochas cristalinas
- A - Sequência arenosa mais antiga (restinga)
- B - Sedimentos marinhos, Siltico argilosos
- C - Sequência arenosa mais recente
- X - Amostra de conchas datada n.m.m. nível médio do mar

Figura 4 — Seção geológica em Caiobá, assinalando a camada argilosa com as conchas datadas radiometricamente.

A amostra de conchas (Análise SI-327; Smithsonian Institution) revelou uma idade radiométrica de 3.830 ± 120 anos (vide fig. 8, referência 7.) Esta análise data o limite mais antigo da idade da formação arenosa "C" (fig. 4) do tómbolo de Caiobá, bem como refere um nível do mar mais elevado do que o atual. Este nível de águas altas de Caiobá encontra correlação na curva de Fairbridge, a qual assinala um nível marinho cerca de 2 m acima do atual, referido como submergência "Younger Peron".

D) Ambiente eólico

Na faixa de dunas costeiras situada a 3 km ao sul da cidade de Henrique Lage (ex-Imbituva) foi encontrada uma camada contendo restos de madeira separando duas seqüências de areias eólicas. No pleistoceno Brasileiro ocorreram várias episódios de expansão e retração dos campos de dunas. Na ilha de Santa Catarina, entre Campeche e Lagoa, depósito de areias eólicas encontram-se cobertos por sedimentos correlativos da elaboração do pedimento P₁.

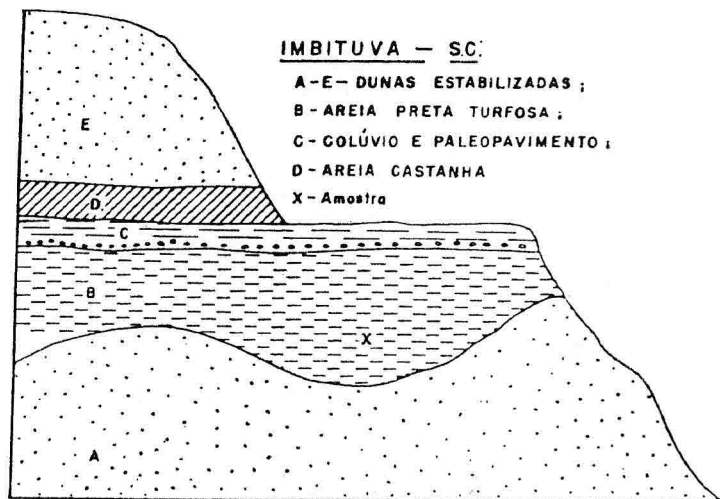


Figura 5 — Seção geológica nas dunas ao sul de Imbituba (S.C.), com localização da amostra datada.

A localidade ao Sul de Henrique Lage, possui, além das dunas atuais, mais duas seqüências de areias eólicas mais antigas (fig. 5; camadas A & E). Entre estas seqüências de areias de dunas, encontram-se três camadas distintas. A camada inferior (fig. 5, letra B) composta de areias turfosas, contém os fragmentos de madeira analisados radiometricamente. Esta camada representa um ambiente pantanoso situado na área interdunar, lembrando áreas pantanosas atuais situadas entre algumas dunas modernas. A camada "C" (fig. 5), de aspecto coluvial e sem seleção granulométrica, contém material estranho ao ambiente eólico local. O material constituinte desta camada provém de regiões distantes situadas fora da faixa de dunas. Este material foi transportado para o ambiente eólico sob forma de corridas de lama. Uma das áreas fontes mais próxima estaria situada nos morros cristalinos a oeste de Henrique Lage.

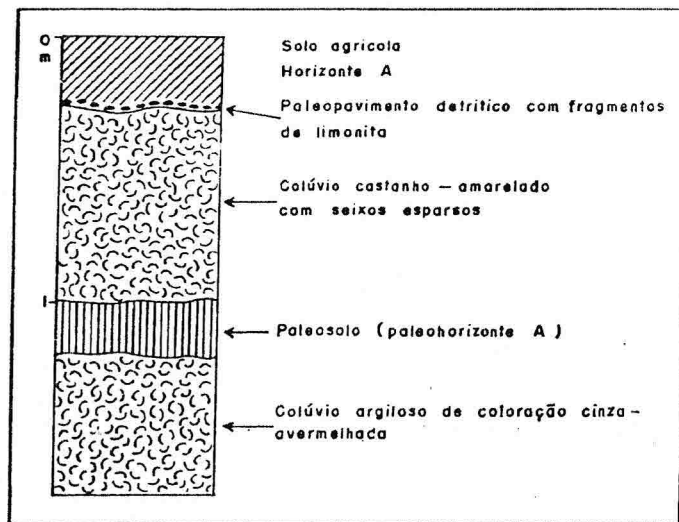


Figura 6 — Seção com a localização do paleosolo encontrado em Água Clara, Piraquara (Pr.).

As corridas de lama foram possivelmente originadas em época climática rigorosa do tipo semi-árido, na qual as chuvas concentradas foram responsáveis

pelo transporte, em lençol, de fluidos de alta densidade (carregando pequenos seixos) que recobriram extensões apreciáveis do campo de dunas.

A camada "D" representa um paleosolo sobre o qual desenvolveu-se a duna "E", posteriormente estabilizada pela vegetação.

A amostra de madeira coletada (Análise SI-320; Smithsonian Institution) revelou uma idade radiométrica superior a 35.000 anos (fig. 9 ref. 17). Se por um lado, o resultado obtido, não fornece um limite de idade absoluto para o episódio semi-árido; por outro lado ele revela uma antiguidade apreciável para os depósitos de dunas da faixa costeira. A idade superior a 35.000 anos coloca as dunas subjacentes numa época do Pleistoceno situada no Wisconsin ou mesmo anterior, sendo mais provável no interglacial Wisconsin/Illinoian. Daí pode-se, igualmente, supor que a linha de costa ocupou posições muito

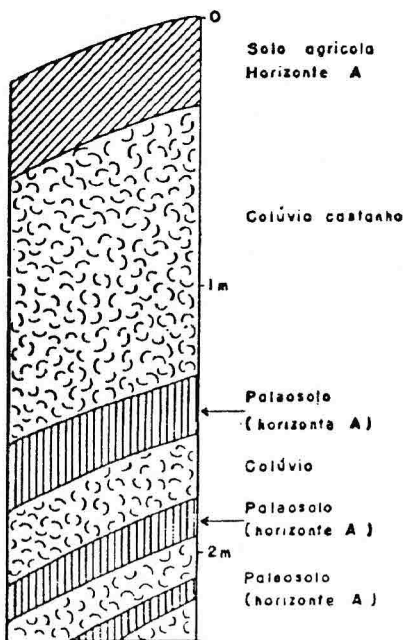


Figura 7 — Seção com a localização de vários horizontes de paleosolos. Km 30 da Rodovia Curitiba-Paranaguá (Pr.).

aproximadas nos vários interglaciais sem que houvesse uma separação muito nítida das várias sequências arenosas representadas pelos feixes de restina e pelas dunas, além das diversas posições altimétricas.

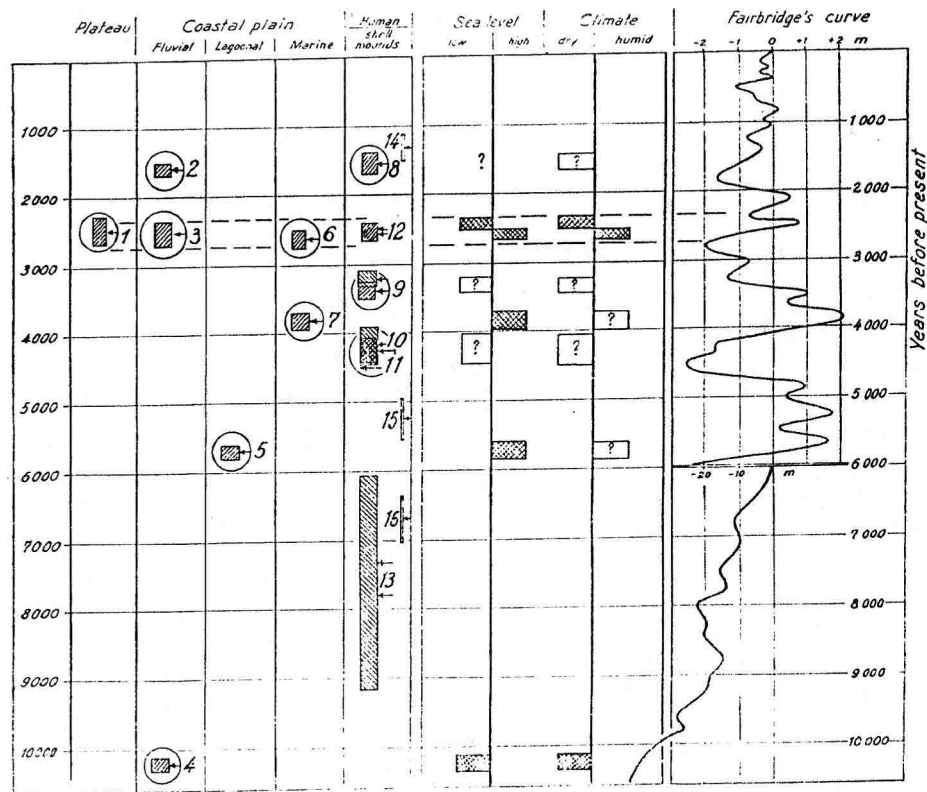


Figura 8 — Tentativa de correlação entre as datações obtidas e a curva de Fairbridge. Referências são feitas ao provável tipo climático, bem como ao nível do mar.

E) Paleosolo

Vários horizontes de paleosolos com matéria orgânica encontram-se soterrados sob colúvio mais recente. Não se trata de migração de matéria or-

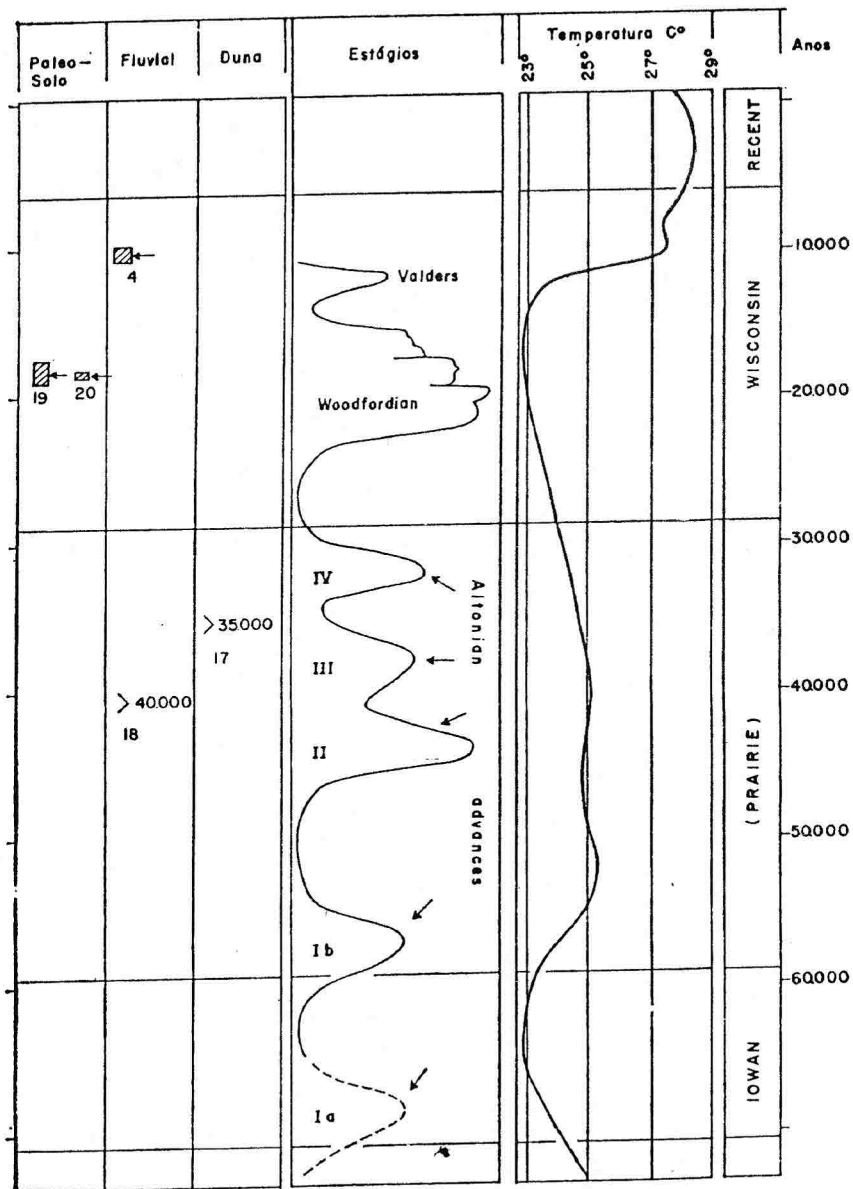


Figura 9 — Correlação entre as datações de mais de 10.000 anos com estágios do Pleistoceno superior e a curva de temperatura das águas do Caribe central. Os estágios do Pleistoceno e as temperaturas foram baseadas em Stevenson & Cheng (1969).

gânica “per descensu”, mas de verdadeiros horizontes “A” preservados em sub-superfície por uma camada depositada através de processo de solifluxão, a qual recobriu as porções inferiores e média das paleovertentes. A datação dos paleosolos permite determinar a idade limite do início da solifluxão originado por ocasião de mudança climática na qual, em virtude das chuvas concentradas, os processos de colúviação foram generalizados.

a) *Água Clara, Piraquara (PR)*

Nesta localidade, a meia encosta da vertente encontra-se a um metro abaixo da superfície um paleohorizonte “A” com cerca de 20 cm de espessura. A secção de baixo para cima é constituída por um colúvio cinza-avermelhado muito argiloso seguido do paleosolo. Acima deste encontra-se um colúvio castanho-amarelado com seixos esparsos e na parte superior um paleopavimento detrítico com pequenos fragmentos de limonita e pequenos seixos de quartzo. Sobre o paleopavimento encontra-se o solo agrícola atual.

O paleopavimento detrítico representa um depósito residual que permite concluir ter sido a camada de colúvio mais espessa. Processos erosivos por escoamento superficial difuso, anteriores ao estabelecimento da cobertura vegetal protetora, removeram grande parte dos clásticos mais finos, deixando os mais grosseiros como cobertura detrítica residual. Foi sobre esta cobertura que se originou o novo solo a qual foi acrescido de material procedente de vertente acima.

A amostra de paleosolo coletado (Análise SI-432; Smithsonian Institution) revelou uma idade de 18.480 ± 240 anos (fig. 9; referência 20). Esta idade data o início de uma fase de solifluxão situada na parte final do Wisconsin.

b) *Km 30 da Rodovia Curitiba - Paranaguá (PR)*

Na Rodovia Curitiba-Paranaguá, km 30, num corte situado próximo a margem da estrada foram encontrados, três paleosolos (horizonte “A” orgânico), separados por colúvio de coloração castanha (fig. 7). O paleosolo superior, objeto deste item, revelou uma idade de 18.330 ± 800 anos (Análise SI-326; Smithsonian Institution) a qual é bastante próxima da do paleosolo de Água Clara (fig. 9, referência 19). A sequência dos três paleosolos encontra-se bem visível na porção inferior da vertente, próximo ao fundo do vale. Os dois paleosolos inferiores são menos expressivos quando comparados com o superior. Os três horizontes de paleosolos acompanham em sub-superfície a vertente e são visíveis no corte até meia encosta.

Nesta localidade, o colúvio situado sobre o paleohorizonte "A" (Superior), representa igualmente uma fase de colúviação equivalente aquela de Água Clara. As duas datações de paleossolos referem a mesma mudança climática que originou clima mais seco com chuvas concentradas. Lamentavelmente, ainda faltam entre nós estudos palinológicos dos jazimentos quaternários que fornecem dados sobre o tipo de revestimento florístico associado aos paleossolos. Este tipo de estudo seria altamente desejável para melhor compreensão dos paleoclimas do Quaternário Superior no Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O quadro geral dos conhecimentos sobre o Quaternário revela acentuada instabilidade climática de caráter cíclico abrangendo épocas de clima glacial até épocas de clima quente. Durante as épocas de glaciação Quaternária, nas regiões tropicais e sub-tropicais brasileiras vigoraram climas severos do tipo semi-árido. Por outro lado, nas épocas interglaciais predominaram condições climáticas semelhantes às atuais e de caráter úmido ou sub-úmido. Dentro dos grandes ciclos climáticos tiveram lugar ciclos menores e variados, conferindo à climatologia do Quaternário um caráter oscilatório evidenciado por numerosas flutuações climáticas conforme registra a literatura sobre o assunto.

O pequeno número de datações radiométricas de que dispomos fornece uma ligeira idéia do problema. As datações obtidas concordam em geral, com fenômenos correlatos observados em outras regiões da terra e confirmam em vários pontos a curva de Fairbridge.

As datações relacionadas à ocupação humana em tempos pré-históricos, obtidas através de material procedente das jazidas arqueológicas estão indicadas na figura 8. Neste gráfico pode-se ver a correlação das datações com os vários pontos da curva de Fairbridge, bem como com as condições climáticas e físicas deduzidas de forma ainda muito preliminar, no presente trabalho.

Aos sambaquis da planície costeira do Paraná são referidas idades desde 1.540 até 7.803 anos (Empereire & Laming, 1956; Hurt & Blasi, 1960; Hurt, 1962 & 1964; Rauth, 1962; Laming-Empereire, 1968) (Vide figura 8; referências 8 a 13). A jazida arqueológica de José Vieira no interior do Paraná correspondem idades representadas pelas referências 14, 15 e 16 na figura 8 (Laming-Empereire, 1968).

Datação preliminar em amostra procedente do sambaqui da Ilha dos Ratos (Baía de Guaratuba) indicou uma idade de 1540 ± 150 anos (fig. 8, referência 8). Esta jazida é ligeiramente mais antiga do que a ocupação humana com

cerâmica Guarani do sítio José Vieira (Rio Ivaí, Paraná). A época compreendida pelas duas datações provavelmente teria tido um clima mais seco e frio do que atualmente. Nesta época, o nível do mar de acordo com a curva de Fairbridge, estaria de 0,5 a 1,5 m abaixo do atual.

Amostras procedentes do sambaqui do Porto (Ilha das Rosas, baía de Antonina) revelaram duas idades radiométricas distintas; uma a cerca de 2.500 anos (fig. 8, referência 12, ambas setas) e a outra a 3.150 anos (fig. 8 referência 9, seta superior). A faixa de idade provável representada pela primeira datação (baseada em duas amostras: 2.480 ± 100 anos e 2.500 ± 110 anos) compreende idades que vão de 2.370 a 2.610 anos. Este espaço de tempo inclui na curva de Fairbridge duas posições de nível marinho abaixo e uma acima do nível atual do mar. O ponto médio das datações refere-se ao nível elevado do mar.

O sambaqui do Porto pode portanto, ter sido construído pelo homem em condições de nível oceânico mais baixo do que o presente, e dessa forma sob clima mais seco; bem como pode ter sido edificado com um nível de mar mais elevado e sob condições mais úmidas. Esta última hipótese parece ser menos provável, quando se compara com a situação dos outros sambaquis em relação a curva de Fairbridge.

Datações radiométricas referentes ao sambaqui do Macedo revelaram idades compreendidas entre 3.271 ± 48 e 3.496 ± 56 anos. A datação de 3.150 anos referida para o sambaqui do Porto, corresponde a grosso modo à idade mais recente do sambaqui do Macedo. Comparando-se os resultados radiométricos deste sambaqui com a curva de Fairbridge, verifica-se que o início da construção do sambaqui relaciona-se a um nível marinho mais elevado do que o atual. Logo em seguida ao começo da ocupação do sítio, ocorreu um abaixamento do nível do mar, que perdurou durante todo o tempo da construção do sambaqui.

Idades compreendidas entre 3.858 ± 65 e 4.437 ± 71 anos foram obtidas de amostras procedentes do sambaqui de Saquarema. Datações um pouco mais antigas referem-se ao sambaqui do Gomes (4.483 ± 76 e 4.887 ± 65). As idades mais antigas do sambaqui do Saquarema correspondem a um nível marinho situado abaixo do atual, enquanto que os mais recentes indicam um nível do mar acima do presente. O início da construção do sambaqui do Gomes corresponde a um nível do mar elevado, situado acima do atual. O nível oceânico desce progressivamente situando-se abaixo do atual durante a maior parte da ocupação posterior do sítio.

A única datação de sambaquí, que não se correlaciona com o nível do mar pretérito indicado pela curva de Fairbridge, foi a do sambaquí do Maratuá. As datações radiométricas deste sambaquí (7.327 ± 1.300 anos e 7.803 ± 150 anos) deveriam corresponder a um nível de mar situado a cerca de 10 m abaixo do atual.

De acordo com a curva de Fairbridge o sítio de Maratuá estaria muito interiorizado e longe da influência marinha. O problema da idade do sambaquí de Maratuá requer um reexame a fim de esclarecer sua verdadeira situação em relação ao nível marinho.

A ocupação humana de idade mais antiga, conhecida no interior do Brasil foi encontrada em Lagoa Santa, datando de 9.028 ± 120 e 9.720 ± 128 anos (Hurt, 1964, p. 26). Hurt refere para a época maior pluviosidade revelada pela precipitação de carbonato de cálcio.

Embora a curva de Fairbridge tenha sido questionada por vários pesquisadores, ela constitui uma curva que fornece uma visão de conjunto das flutuações do nível do mar. Verificamos diversas vezes no presente trabalho que nossas constatações enquadravam-se nos dados de Fairbridge. A curva foi baseada em evidências geomórficas e palinológicas complementadas por datações radiométricas. A correlação entre as mudanças climáticas e as oscilações ao nível do mar, embora não provada, é entretanto altamente sugestiva (Fairbridge, 1967).

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N.

- 1958 — Conhecimento sobre as flutuações climáticas do Quaternário no Brasil — Notícia Geomorfológica, 1, abril de 1958, pp. 24-30. Campinas.

AB'SABER, A. N.

- 1962 — Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalheiros inhumados do Brasil Oriental. Bol. do Inst. de Geologia da Univ. do Paraná, Geografia Física n.º 2. Curitiba.

AB'SABER, A. N.

- 1970 — Uma revisão do Quaternário Paulista: do presente para o passado. — Revista Brasileira de Geografia, ano 31, n.º 4, pp. 1-51. Rio de Janeiro.

BIGARELLA, J. J.

- 1964 — Variações climáticas no Quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. Bol. Paran. de Geografia n.º 10/15, pp. 211-231. Curitiba.

BIGARELLA, J. J. & AB'SABER, A. N.

- 1964 — Palaeogeographische und Palaeoklimatische Aspekte des Känozoikums in Südbrasilien. Zeitschrift fuer Geomorphologie 8 (3), pp. 286-312. Berlin.

BIGARELLA, J. J. & ANDRADE, G. O.

- 1965 — Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. Geol. Soc. Am. Special Paper no. 84, pp. 433-451.

BIGARELLA, J. J. & MOUSINHO, M. R.

- 1965 — Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. Bol. Par. Geogr. n.º 16/17, pp. 153-197. Curitiba.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. & SILVA, J. X.

- 1965 — Processes and Environments of the Brazilian Quaternary. Imprensa da Univ. Fed. do Paraná, 81 p.

BIGARELLA, J. J. & SANCHES, J.

- 1966 — Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes — V — Praia suspensa do Saco da Tambarutaca, Município de Paranaguá (Pr.) Bol. Pr. Geogr. n.º 18/20, pp. 151-175. Curitiba.

EMPERAIRE, J. & LAMING, A.

- 1956 — Les sambaquis de la Côte Méridionale du Brésil, Campanhe de Fouilles (1954-1956). J. de la Soc. Americanistes, N.S. V. 45, pp. 5-163. Musée de l'Homme, Paris.

FAIRBRIDGE, R. W.

- 1961 — Convergence of evidence on climatic change and ice ages. Annals of the N. York Acad. of Sc. Vol. 95, pp. 542-579.

FAIRBRIDGE, R. W.

- 1962 — World sea level and climatic changes. Quaternaria, Vol. 6, pp. 111-134. Roma.

FAIRBRIDGE, R. W.

- 1967 — Climatic variations (Historical Record). In Fairbridge (ed.). Encyclopedia of atmospheric Sciences and Astrogeology. pp. 205-211. New York. Reinhold Book Corp.

HURT, W. R.

- 1962 — New and revised radiocarbon dates from Brasil. W. H. Over Museum, State Univ. South Dakota, Museum News, Vol. 23 n.º 11/12, pp. 1-4.

HURT, W. R.

- 1964 — Recent radiocarbon dates for Central and Southern Brazil. *American Antiquity*, vol. XXV, pp. 25-33.

HURT, W. R. & BLASI, O.

- 1960 — O sambaqui do Macedo. A-52-B. Paraná Brasil. *Cons. Pesq. Univ. Paraná. Arqueologia* nº. 2, 98 p. Curitiba.

JUNQUEIRA, Claudette Barriguela

- 1969 — *Camadas cruzadas de areias, gravas e cascalhos fluviais do vale do Pinheiros ("Campus" da Cidade Universitária)*. — *Geomorfologia*, n.º 10, pp. 7-9. IG-USP. São Paulo.

LAMING, A. & EMPERAIRE, J.

- 1959 — A jazida José Vieira. *Cons. de Pesq. Univ. Paraná*, 142 p. Curitiba.

LAMING-EMPERAIRE, A.

- 1968 — Missions archéologiques françaises au Chili Austral et au Brésil Meridional. *Journ. Soc. Americanistes*, Tome 57, pp. 77-99. Paris.

RAUTH, J. W.

- 1962 — O sambaqui de Saquarema. *Bol. Univ. Paraná s/n.º. Conselho de Pesquisas*, 73 p. Curitiba.

STEVENSON, F. J. & CHENG, C. N.

- 1969 — Amino acid levels in the Argentine Basin sediments: Correlation with Quaternary climatic changes. *Journ. Sed. Petrol.*, March 1969, pp. 345-349.

SOLICITA-SE INTERCAMBIO
PIDESE CANJE — ON DEMANDE L'ÉCHANGE
WE ASK FOR EXCHANGE — MANN BITTED UM AUSTAUSCH
SI RICHIEDE LO SCAMBIO

CORRESPONDENCIA E INTERCAMBIO:

Laboratório de Climatologia
Instituto de Geografia — USP
Cidade Universitária. Edifício de
Geografia e História.

Caixa Postal, 20-715.
São Paulo, SP.