

Morfologia e processos de sedimentação: contribuições ao planejamento do uso da terra no litoral paranaense

Morfología y procesos de sedimentación: contribuciones a la planificación del uso de la tierra en la costa del estado de Paraná en Brasil

Morphology and sedimentation processes: contributing to land use planning in the Paraná state coast in Brazil

Gilnei Machado

gilmachad@gmail.com

LAPEGE, Universidade Estadual de Londrina, PR

Maria Ligia Cassol Pinto

ligialhc@gmail.com

Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR

Resumo: O litoral do estado do Paraná teve sua formação geológica ligada aos processos tectono-sedimentares eustáticos e isostáticos, com o afundamento de blocos da área do escudo paranaense e inúmeros avanços e recuos do nível do mar. As rochas que compõem essa região, em virtude disso, são do tipo ígneas e metamórficas com idades que variam do Pré-cambriano ao Proterozóico. As formações sedimentares que aí aparecem, no geral, são do tipo areno-siltico-argilosas originados por deposição flúvio, marinho e/ou lagunar. Esse artigo levantou essas formações sedimentares buscando, por meio de suas características, identificar as suas suscetibilidades no que diz respeito à erosão hídrica, movimentos de massa e blocos, movimentação eólica e à ocorrência de enchentes e alagamentos a fim de identificar suas fragilidades à ocupação. Foram mapeadas quatorze unidades morfossedimentares, estando sete localizadas na serra ou pré-serra, com suscetibilidade a movimentos de massa, erosão hídrica e quedas de bloco; e sete localizadas na planície flúvio-marinha, portanto, suscetíveis à alagamentos, enchentes, erosão hídrica e movimentação eólica, todas elas com fragilidades que necessitam cuidados em sua utilização ou ocupação.

Palavras-Chave: Estado do Paraná, Formações Sedimentares, formas sedimentares.

Resumen: La formación geológica costera del estado de Paraná en Brasil se relaciona con procesos tectono-sedimentarios eustáticos e isostáticos, con el hundimiento de rocas en el área del escudo de Paraná y numerosas subidas y bajadas del nivel del mar. En virtud de ello, las rocas que forman esta región son ígneas y metamórficas, y con variadas edades geológicas. Este estudio tiene como objetivo analizar las características generadas por estas formaciones sedimentarias buscando identificar sus fragilidades con respecto a la erosión hídrica, movimiento de masas, placas y viento, y susceptibilidad a inundaciones e anegamientos identificando sus fragilidades. El análisis identificó catorce unidades morfosedimentarias, siendo siete de sierras o

pre-sierras con susceptibilidad a movimiento de masas, erosión hídrica y caída de rocas; y siete de llanuras fluvio-marinas, por lo tanto, susceptibles a inundaciones, anegamientos, erosión hídrica y movimiento del viento, requiriendo cuidado en su uso u ocupación.

Palabras Clave: Estado de Paraná, Brasil, formaciones sedimentarias, formas sedimentarias.

Abstract: The coastal geological formation of the Paraná state in Brazil is associated with tectono-sedimentary eustatic and isostatic processes; with the sinking of rocks in the Paraná shield area and numerous sea-level rises and falls. In view of that, the rocks that form this region are igneous and metamorphic, and with varied geologic ages. This study aims to analyze the features generated by these sedimentary formations in an attempt to identify their fragilities with regard to water erosion, movement of masses, plates and wind, and susceptibility to inundation and flooding looking for its fragilities. The analysis identified fourteen morphosedimentary units, where seven of them are mountain ranges or "pre-mountain ranges" with susceptibility to mass movements, water erosion and rockfalls; and seven of them are fluvial-marine plains therefore susceptible to inundation, flooding, water erosion and wind movement, and whose use or occupation requires caution.

Key words: State of Paraná, Brazil, sedimentary formations, sedimentary forms.

INTRODUÇÃO

O litoral paranaense, aqui considerado como unidade geomorfológica, pode ser dividido em duas áreas com características próprias, a saber, as proximidades da Serra (pré-serra), marcada pela presença de morros cristalinos isolados e rampas de pré-serra ou serras soladas, e a orla marinha, relacionada às áreas mais baixas e mais próximas ao mar, formadas por uma sucessão de mangues, antigas restingas, terraços, praias e cordões arenosos (IPARDES, 1989; ASCENÇO, 1995).

De acordo com Maack (1968), os morros isolados são circundados por extensas planícies de aluviões e pântanos que margeiam as baías de Paranaguá e Guaratuba.

Na orla marinha podem-se encontrar extensas áreas de relevo plano e suave ondulado, que constituem as planícies, formadas por sedimentos de origem continental e marinha, principalmente de idade quaternária (IPARDES, 1995).

Os cordões arenosos, que demarcam as antigas linhas de praia, comprovam que o mar teve importante papel na formação destas áreas e podem ser visualizados por meio de fotografias aéreas ou imagens de satélites, porém são pouco visíveis em campo (ANGULO, 1992) devido à ocupação humana ou à presença de cobertura vegetal.

Ao buscar-se compreender a origem e a evolução do estado do Paraná, particularmente de sua área litorânea, é possível verificar que a mesma evoluiu a partir de três processos: 1) o tectônico, por meio do soerguimento e rebaixamento de blocos falhados originados no Terciário, a partir da estrutura Pré-Cambriana do embasamento cristalino (MAACK, 1968); 2) o marinho, com seus processos erosivos e deposicionais ocorridos ao longo do Holoceno (ANGULO; PESSENDA; SOUZA, 2002); e 3) o fluvial, com o retrabalhamento

dos depósitos marinhos e a promoção de novos depósitos com fácies continental durante o Holoceno (BIGARELLA, 1978).

Para Angulo (1992), os sedimentos continentais incluiriam os pertencentes à Formação Alexandra, os depósitos associados às vertentes (cones e leques aluviais, tálus, colúvios) e os sedimentos de origem fluvial (de planícies de inundação, barras em pontal, meandros e canais abandonados e diques marginais). Cronologicamente diferenciados de idade do Mioceno Inferior (Formação Alexandra), Plio-Pleistoceno, Quaternário Indiferenciado e Holoceno.

Bigarella (1946), ao estudar os sedimentos continentais do litoral paranaense identificou a ocorrência de dois tipos de depósitos de origem continental, os ligados às vertentes (os de *piemonte* ou tálus) e os ligados à atividade fluvial (os aluviões).

Cordani e Girardi (1967), aprofundando um pouco mais a análise, distinguiram, dentre os depósitos continentais (pedimentos recentes) atribuídos ao Pleistoceno, os aluviões de fundo da planície costeira e os depósitos de várzea e de talude, considerados do Holoceno.

Fuck, Marini e Trein (1967) destacam também a existência, no sopé da Serra do Mar, de uma infinidade de depósitos de vertente ou de tálus, cones de dejeção e coluviões. Os autores destacam que os sedimentos de origem continental da região apresentam-se na forma de leques (cones aluviais), colúvios (tálus) e sedimentos fluviais.

Para fins desta análise compreende-se os sedimentos continentais como sendo os ligados às encostas da Serra do Mar, os quais foram movimentados e depositados a partir da ação gravitacional, isto é, movimentos de massa e da ação fluvial.

O nível do mar sofreu inúmeras variações ao longo da história geológica do litoral paranaense, em função de uma série de questões de ordem tectônica-eustáticas e eustáticas, dentre as quais se pode destacar a subsidência de blocos falhados e o congelamento das águas durante épocas glaciais e descongelamento das mesmas em períodos mais quentes. Por vezes, o aumento do nível do mar é atribuído à fusão das geleiras, o seu recuo, por outro lado, à formação destas (SUGUIO, 2010, p. 181). Cabe destacar que, ao longo do tempo geológico os movimentos isostáticos e epirogenéticos dos continentes também têm papéis importantes nas variações do nível do mar, como bem lembra Ab'Saber (1955 *apud* Bigarella, 2008).

A fase transgressiva pleistocênica (2,5 M.a) foi quando o nível do mar atingiu o máximo entre 9,0 e 10,0 m acima do atual. No Holoceno, ocorreram dois episódios transgressivos, em 3.000 e 5.000 anos A.P, separados por um episódio onde o nível do mar esteve abaixo do atual (MARTIN et al., 1997; CALHEIROS, 2006). “Nos últimos 6.000 anos o nível do mar esteve variando repetidamente entre 1,5 e 3,0 metros acima do nível atual. De acordo com Bigarella (2009, p. 134), no litoral paranaense existem muitas evidências destas ingressões marinhas.

Com os recuos do nível do mar, muitos depósitos de origem marinha e continental emergiram proporcionando a formação dos sistemas ilha-barreira-laguna, ou seja, depósitos sedimentares que, uma vez aflorados, formam uma barreira, dando origem a um corpo lagunar. A prova da formação destes sistemas são as extensas linhas de cristas praias existentes ao longo do litoral.

O interesse deste artigo está embasado particularmente nos processos marinhos e fluviais, uma vez que, o objetivo é analisar as formações sedimentares da região litorânea

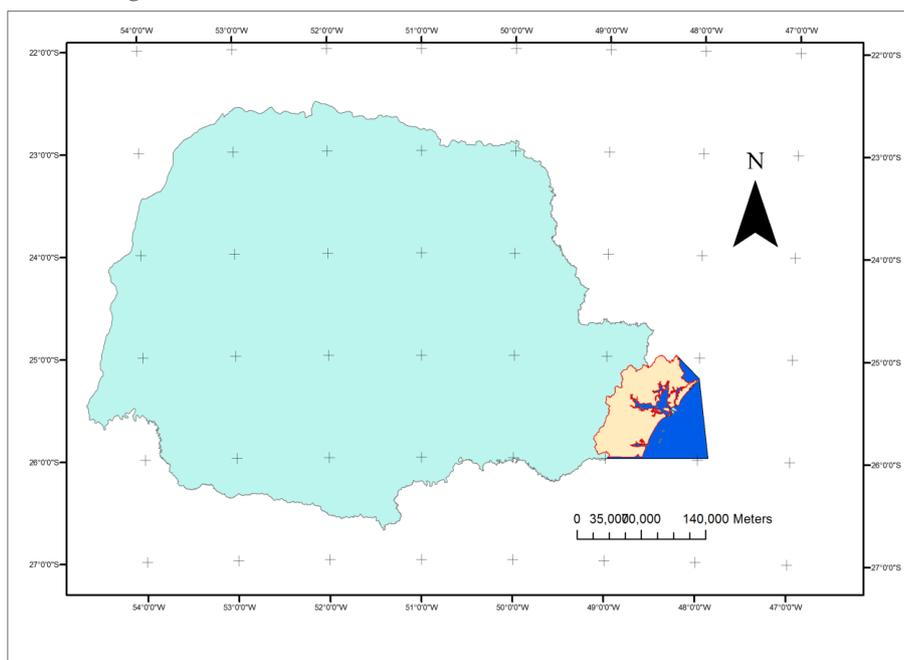
(Fig. 1) paranaense procurando identificar suas suscetibilidades e conseqüentes fragilidades ou restrições, contribuindo assim para o planejamento do uso da terra na região litorânea paranaense.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo embasa-se na análise da evolução geológico-sedimentar da área de estudo e nas feições geomórficas explicitadas por Bigarella et al. (2001) e Angulo (2004). Para isso foram identificadas as feições sedimentares existentes no litoral paranaense, tanto na área de pré-Serra como na planície litorânea.

Estas feições foram mapeadas no ArcGIS® 10.3 tendo como base os arquivos *shape* do mapa geológico do estado do Paraná na Escala 1: 650.000 buscando-se separar cada unidade de acordo com a origem dos sedimentos em continentais, marinhas e mistas, resultando em nove unidades ou feições sedimentares, marcantes na paisagem do litoral, conforme descritas na sequência do trabalho.

Figura 1: localização da área de estudo no Estado do Paraná.



Fonte: Os autores.

Buscando contribuir com o planejamento de uso da terra da região, procurou-se estabelecer a suscetibilidade de cada uma destas unidades, as quais permitem aferir graus de fragilidade ou restrições ao uso. Para tanto, modificou-se a proposta de Ross (1990, 2003) cuja metodologia permite identificar a fragilidade relacionada à dinâmica geomorfológica. Estabeleceu-se para a área de estudo um conjunto de quatro potenciais suscetibilidades as quais podem representar impedimento ao uso e ocupação de algumas áreas do litoral paranaense, como segue:

- aos movimentos de massa e quedas de bloco;
- à erosão hídrica (superficial, de rio ou mar),
- à enchente, alagamento e/ou ressacas;
- à movimentação eólica.

Dentre os critérios utilizados para o estabelecimento das suscetibilidades das formações sedimentares do litoral à ocorrência de movimentos de massa, erosão hídrica, enchentes, alagamentos e movimentação eólica destacam-se os tipos de solo, a declividade do terreno, a cobertura vegetal, os quais são apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Ross (2005).

Salomão (1999) salienta que o grau de erodibilidade e o grau de suscetibilidade de um terreno podem ser estabelecidos a partir dos tipos de solos e da declividade do mesmo, respectivamente. Tanto a erodibilidade quanto a suscetibilidade tornam o terreno frágil à ocupação humana, quanto mais alta ela for. O autor destaca que solos arenosos são mais suscetíveis à erosão, contrastando com os argilosos, que são mais resistentes, porém há que se levar em consideração também o relevo do terreno, que quanto mais declivoso for mais suscetível será de erosão e de ocorrência de movimentos de massa (Quadro 1).

Quadro 1: Grau de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em função da Declividade do Terreno

Declividade %	Relevo	Grau de suscetibilidade
0 - 3	Plano	I - Muito Fraca
3 - 8	Suave-Ondulado	II - Fraca
8 - 20	Ondulado	III - Média
20 - 45	Forte-Ondulado	IV - Forte
45 - 75	Montanhoso	V - Muito Forte

Fonte: adaptado de Salomão (1999).

A suscetibilidade e a erodibilidade de cada uma das formações geológicas do litoral paranaense, cruzadas com os tipos de solo e a cobertura vegetal, permitiu estabelecer um conjunto de três fragilidades, a saber: Alta, Média e Baixa. Tendo por base a possibilidade de ocorrência de erosão hídrica fluvial e marinha, movimentos de massa, quedas de bloco, inundação, enchentes, alagamentos e movimentação eólica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Formações Sedimentares do Litoral Paranaense

Tendo em vista a estreita relação que o litoral paranaense tem, em sua formação geológica, com a Serra do Mar e com o Oceano Atlântico podemos subdividi-lo, a fim de melhor compreendê-lo, em Serra e/ou Pré-Serra e Planície Litorânea. Os depósitos sedimentares encontrados nestas duas áreas apresentam origens e características distintas, por envolverem processos e materiais diferenciados uma da outra.

1. Formações Sedimentares Continentais de Serra e/ou Pré-Serra: Composta por materiais movidos e depositados nas encostas por movimentos de massa e por materiais movidos e depositados pela ação dos rios, respectivamente:

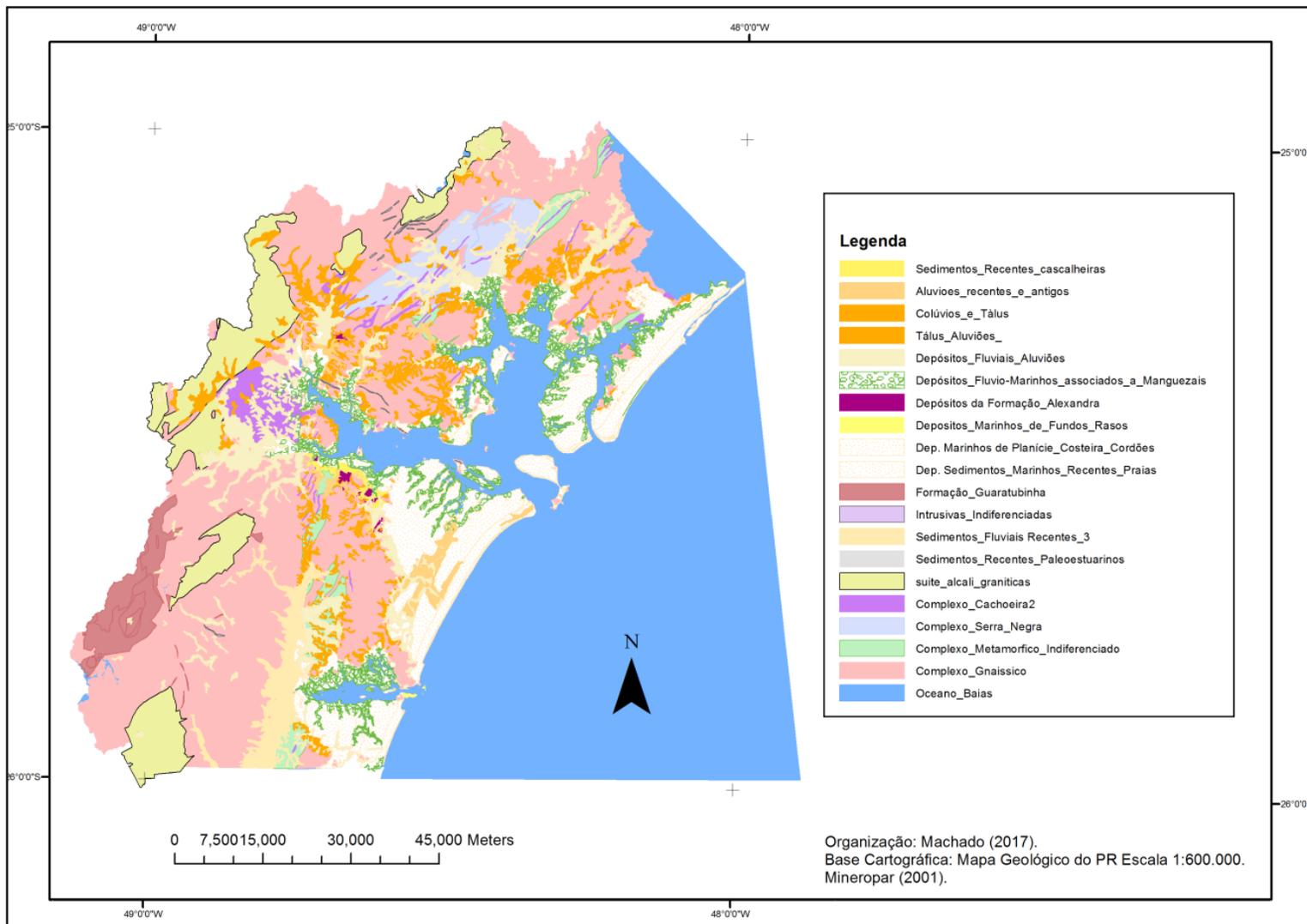
Depósitos de Coluviões (Rampas) ou Tálus;

Formação Alexandra; Aluviões Terrestres (Leques e Cones Aluviais), Sedimentos Fluviais;

2. Formações Sedimentares de Planície de Origem Marinha: Praias, Restingas, Dunas e Cordões Litorâneos;
3. Formações Sedimentares de Planície de Origem Mista (Flúvio-Marinha, Fluvio-Lagunar, Lago-Marinha): Manguezais, Bancos de Lodo e Areias (recentes e antigos), Mangrovitos;

Esta subdivisão, expressa de forma sucinta na Figura 2, será utilizada como base para o debate a ser realizado ao longo deste artigo e, particularmente nos itens que seguem.

Figura 2: Formações Sedimentares e Não sedimentares do litoral Paranaense.



Fonte: os autores.

1. A) Formações Sedimentares Continentais de Serra e/ou Pré-Serra

a) Depósitos continentais coluvionares

Nesta denominação podem ser incluídos todos os sedimentos associados às vertentes da Serra do Mar. Nestes depósitos não são percebidas evidências de transporte por fluxo fluvial.

De acordo com Angulo (2004, p.33), “trata-se de sedimentos predominantemente finos, com proporções variáveis de areia e seixos, geralmente sem estrutura”, devido à sua anterior movimentação. Sua composição envolve, na realidade, material siltico-argiloso, blocos e seixos.

Pela dinamicidade da região, em relação aos movimentos de massa, estes depósitos podem ocorrer superpostos, apresentando características de cor e textura diferenciadas uns dos outros, diferenciando-se inclusive dos solos enterrados abaixo deles. Ocorrem nas encostas mais suaves da Serra do Mar. Nas áreas mais próximas aos fundos de vale tais depósitos podem aparecer interdigitados com os aluviões.

O termo *rampa de colúvio* foi apresentado por Bigarella, Mousinho e Silva (1965, p. 156) para definir formas de fundo de vale sub-horizontais, compostas por depósitos coluviais que se encontram interdigitados e/ou recobrando os depósitos aluviais na região. Maack (1947) atribuiu a estes depósitos a idade Pleistocênica relacionando-os a um período de clima mais seco que o atual, possivelmente semiárido.

b) Depósitos de tálus

Os depósitos de tálus do litoral paranaense localizam-se, em geral, nos sopés das vertentes mais íngremes da Serra do Mar. Esses depósitos, por vezes formam rampas com forte inclinação.

Os depósitos de tálus não apresentam relação direta com a atividade fluvial, suas características indicam processos relacionados à queda de detritos ou movimentos de massa gravitacionais. Devido à forte pluviosidade da região, por vezes, tais depósitos apresentam ravinamento.

c) Formação Alexandra

A Formação Alexandra é uma das mais antigas formações sedimentares do litoral paranaense, seus depósitos ocorrem em colinas isoladas e datam do Mioceno Inferior (23 M.a).

Com pequena expressão, ocorre na região de Alexandra, município de Paranaguá, sendo constituída por depósitos de caráter continental originados do intemperismo das rochas cristalinas da Serra do Mar.

Os sedimentos que compõem a Formação Alexandra são areias (grossa, média e fina) arcoseanas e lamias, podendo também ser encontrados cascalhos, seixos, argilas e, muito raramente, linhitos (detritos vegetais como troncos e raízes) (ANGULO, 1995).

Os processos responsáveis pela geração da Formação Alexandra foram os fluxos gravitacionais de lama e de detritos, conforme pode ser verificado em Angulo (2004), que

indica também os fluxos em canais entrelaçados e fluxos densos não confinados em canal como responsável pelos depósitos desta Formação, uma vez que, o ambiente de sedimentação, de acordo com o autor, remete a pântanos e leques aluviais.

No Mioceno Inferior, existia na região um conjunto de leques aluviais onde predominavam fluxos densos de lama e detritos. Atualmente não são percebidas evidências morfológicas destes leques, porém restam ainda os depósitos deles resultantes (ANGULO, 1992).

A presença de depósitos originados a partir de leques aluviais com densa carga de detritos permite afirmar que o relevo aí existente era muito semelhante à atual Serra do Mar, pois somente relevo acidentado, permitiria a formação dos leques aluviais.

O grande volume de material existentes nos antigos leques indica a ocorrência de chuvas torrenciais, apesar do clima na região ter sido um pouco mais seco que o atual, naquela época. E a presença de matéria orgânica indica a existência de rios perenes.

1. B) Formações Sedimentares continentais Fluviais

a) Leques e cones aluviais

Essas formas estão associados às grandes vertentes da Serra do Mar. Essa unidade inclui os sedimentos da Formação Iqueririm proposta e definida por Bigarella et al. (1961) que se formaram no encontro dos rios que descem a serra com a planície.

De acordo com Angulo (2004), a maior expressão de cones e leques aluviais do litoral paranaense pode ser encontrada na vertente oriental da Serra de Quiriri, bem como na vertente oriental da Serra do Marumbi e dos Órgãos, onde podem ser encontrados desníveis entre a base e o topo da ordem de 1500 metros. Isto permite afirmar que, a presença dos leques é mais comuns em áreas onde as rochas do embasamento são graníticas e migmatíticas.

Os leques e cones aluviais apresentam morfologia semelhante, sendo que os que possuem declives superiores a 10° se enquadrariam na categoria de cones, conforme classificação proposta por Rapp e Fairbridge (1968). Rivereau et al. (1969 a, b, c, d, e; 1970), mapearam muitos desses leques como depósitos de tálus.

Em muitos locais da região litorânea paranaense podem ser identificadas três distintas gerações de leques, sendo os mais antigos e interioranos, os que apresentam maior dissecação (BIGARELLA et al., 1961). Além disso, os tamanhos encontrados variam entre 100 e 400 metros de raio.

Os materiais encontrados nos leques e cones são, segundo Bessa Junior (1996, p.35), “areias arcoseanas, lamas, cascalhos clasto-suportados e matriz-suportados, com estratificação cruzada (...), estratificação plano-paralela, granodecrescência ascendente, pelotas de argila e restos vegetais”, o que denota um ambiente com fluxos densos de lama e detritos e a fluxos fluviais, depósitos de canais confinados, não-confinados, rios entrelaçados e depósitos lacustres. A idade do conjunto de leques do litoral varia entre 8.000 anos (Holoceno) à 23.000 anos (Pleistoceno), envolvendo na origem deles, um período de clima mais úmido.

b) Aluviões

Os aluviões da região litorânea contribuíram para a formação das planícies aluvionares, amplas e com canais meandrantés.

Os materiais componentes dos mesmos de acordo com Angulo (1992, p. 17) são “cascalhos, clastos, com grânulos até matacões, estruturas de corte e preenchimento de canal; areias pobremente e muito pobremente selecionadas, com estratificações cruzadas acanaladas e argilas maciças”.

Na região podem ser encontradas planícies aluviais anteriores e posteriores à transgressão pós-glacial, datando as primeiras do Pleistoceno e as últimas do Holoceno.

2) Formações Sedimentares de Planície de Origem Marinha

a) Planície costeira, cordões arenosos e depressões intercordões

A planície costeira e os cordões arenosos são as feições que mais chamam a atenção no litoral paranaense e se estendem por toda a costa. Essas planícies se formaram em função das variações do nível do mar durante o Quaternário. Tal fato é assinalado pelos cordões arenosos que demarcam antigas linhas de praia.

Segundo Suguio et al. (1985), toda a faixa litorânea brasileira esteve submetida a oscilações do nível do mar durante o Quaternário, sendo as formas cumulativas resultantes representadas por planícies litorâneas arenosas, com estuários e lagunas.

Na planície costeira paranaense formaram-se dois terraços marinhos, como sistemas de laguna-barreira, que progradaram em pelo menos duas fases, após os dois últimos máximos transgressivos do nível médio do mar. Um no Pleistoceno Superior (há cerca de 120.000 anos), quando o nível médio do mar estaria a + 8,5m ($\pm 2m$), e outro no Holoceno (à cerca de 5.100 anos) a + 2,5m ($\pm 0,5m$) (LESSA et al., 2000).

Os cordões litorâneos existentes no Paraná raramente ultrapassam os 10 metros acima do nível do mar, apresentando uma progressiva diminuição da altitude a medida que se aproximam do mar, podendo chegar nessas áreas a 2 metros a.n.m. A largura desses cordões localizados na faixa externa do litoral varia entre 5 e 10 metros e altura, por vezes, inferior a um metro. Os cordões ocorrem em números variados ao longo do litoral paranaense, podendo ocorrer em número de até seis cordões contíguos, porém não totalmente paralelos, por apresentar diferenças na orientação. Em alguns casos os mais novos cortam os mais antigos.

As planícies, bem como seus cordões litorâneos, são constituídas por material (areia) fino a muito fino conforme apontam trabalhos de Bigarella et al. (1978), Tessler e Suguio (1987) e Angulo (1992). A formação dos cordões litorâneos implicou no aparecimento de lagoas, lagunas e baías, como é o caso das de Paranaguá e Guaratuba (Fig. 2). Quando as lagoas são colmatadas dão origem a áreas pantanosas.

Para Bigarella et al. (2001) a planície litorânea apresenta cerca de 10 a 20 km de largura, com máximo de 50 km na baía de Paranaguá, sendo constituída de formações

arenosas, paludais terrestres, manguezais (paludais marinhos) e nas proximidades do complexo cristalino por terrenos de aluviões terrestres.

Um conjunto de cordões litorâneos paralelos que apresentam áreas de cristas (partes elevadas) e vales (depressões ou partes baixas entre um cordão e outro) recebe a denominação feixe de restinga.

De acordo com Lamego (1940, p. 16), a origem dos cordões está “condicionada à existência de correntes costeiras secundárias transportando areia em abundância e às depositando em enseadas ou pontos mortos”, ou seja, lugares onde a ação das correntes e ondas não se faz presente, pelo menos não com a força necessária para retirar os sedimentos ali acumulados.

Entre os cordões da planície encontramos as depressões intercordões, que se configuram como depressões alongadas, rasas e estreitas, associadas a pequenas lagoas ou cursos fluviais. Sua largura varia em até 100 metros e os comprimentos podem chegar a 13 km.

b) Praias

De acordo com Suguio (1992), o termo praia designa a zona perimetral de corpos aquosos, em geral, compostas por materiais arenosos inconsolidados, podendo também ser constituídas de cascalhos, conchas e outros materiais. Estendem-se desde o nível de baixa-mar médio até a linha de vegetação permanente, ou até onde ocorram mudanças significativas na fisiografia, com formação de falésias e dunas.

As praias do litoral paranaense (Fig. 2) estendem-se por cerca de 90 km, sendo interrompidas apenas por alguns afloramentos rochosos e pelas baías de Paranaguá e Guaratuba. Com inclinação suave e variável, as praias do litoral paranaense tem sua largura variando, na baixa-mar, de cerca de 30 metros até 200 metros, como é o caso de Pontal do Sul.

A sedimentação nas praias paranaenses é controlada pelos rios, que trazem os sedimentos do continente para o mar, por correntes marítimas de sul e sudeste, que impelem a foz dos rios para o norte e pelas ondas, que jogam os sedimentos em suspensão para as praias.

Como afirma Bigarella (2001), a ação das correntes marinhas e das ondas é responsável pela construção e modificação das linhas de praia, uma vez que as correntes transportam o material sedimentar mecanicamente e as ondas os selecionam para formar as praias.

As costas estuarinas se estendem da linha de máxima baixa-mar até a linha de máxima preamar. Esta área pode ser marcada pela presença de uma praia ou por vegetação de transição como é o caso dos manguezais ou marismas.

As ondas de tempestade tendem a gerar a retirada de sedimentos das praias por meio de erosão (SHORT, 1999), sendo auxiliadas pelas correntes de deriva originadas a partir de ondas que quebram obliquamente à praia, o que gera um fluxo paralelo à costa.

Estudos preliminares sobre o litoral paranaense, realizados por Bigarella (1946) mostraram que em sua maioria as praias do estado apresentam sedimentos de granulometria fina a média, bem selecionados (BIGARELLA et al., 1978), sendo compostos basicamente de quartzo e ilmenita. Estas informações foram reiteradas em pesquisa realizada por LAUBE (2009), o qual assegura não haver diferenciação na granulometria dos sedimentos coletados ao longo do ano.

c) Dunas

As dunas do litoral paranaense foram descritas pela primeira vez por Bigarella (1946). Com o passar do tempo outros pesquisadores apresentaram novos conhecimentos sobre essas dunas, dentre eles, o próprio Bigarella (1965), Bigarella, Silva e Silva (1970), Bigarella, Becker e Duarte (1969), Bigarella et al. (1971, 1978) e Bigarella e Silva (1975). Os sedimentos das dunas estão ligados geneticamente à sedimentação proveniente do continente. Na maioria das vezes, as dunas atuais se apresentam como cordões dunares que foram fixados com o auxílio da vegetação, ao longo do Holoceno e Pleistoceno, a partir de dunas frontais (ANGULO, 1993).

Os cordões dunares apresentam-se, no geral, paralelos à costa com larguras de 20 a 80 metros, podendo alcançar 250 metros, com comprimentos de até 15km e alturas que raramente ultrapassam os 6 metros, excetuando-se as dunas da Ilha do Mel que atingem os 20m de altura, devido ao aporte de sedimentos ser aí mais significativo que em outras áreas, devido a presença da Baía de Paranaguá.

3) Formações Sedimentares de Planície de Origem Mista

a) Depósitos de planícies paleoestuarinas

Os sedimentos que compõem os paleoestuários estão distribuídos por todo o litoral do Paraná, de acordo com Angulo (2004) encontram-se em áreas planas com altitudes inferiores a 7 metros, não apresentando alinhamentos visíveis. Nessas áreas os sedimentos são compostos basicamente por areias, podendo ocorrer areias argilosas, areias siltosas e silte-argilo-arenoso com seleção variada e pobremente selecionados.

A sedimentação que aí teve lugar ocorreu em ambiente estuarino e lagunar. A estratificação ondulada dos sedimentos denuncia um ambiente de planície de maré ou de fundo raso.

Datações realizadas com ^{14}C em conchas e sedimentos presentes nessa área por Bigarella (1971), Bigarella e Becker (1975), Martin et al. (1985) e Angulo, Pessenda e Souza (2001) forneceram idades próximas a 6.000 anos, o que permite associar esses sedimentos ao último ciclo transgressivo-regressivo do mar ocorrido no Holoceno.

Sedimentos paleoestuarinos presentes em outras áreas, como é o caso, das proximidades do canal do Varadouro, apresentam resquícios vegetais, como troncos e outros detritos. A datação destes sedimentos, particularmente de troncos assinalou para idades superiores a 40.000 anos, o que, conforme destaca Angulo, Pessenda e Souza (2001) pode ser associado ao último ciclo transgressivo-regressivo do mar relacionado ao último período interglacial do Pleistoceno.

b) Depósitos de planícies de maré

Desenvolvem-se ao longo da costa com baixos declives, onde a maré atua frequentemente sobre os sedimentos, mas onde não há a ação intensa de ondas. No litoral paranaense esse tipo de planície ocupa uma área aproximada de 310 km².

Nas planícies de maré Angulo e Muller (1990) identificaram sete diferentes habitats:

1) manguezais com *Acrostichum* sp.; 2) manguezais com *Hibiscus* sp.; 3) marismas com

Spartina sp.; 4) marismas com *Crinum* sp.; 5) pântanos-de-maré; 6) brejos-de-maré e 7) bancos areno-argilosos.

No Paraná se destacam os manguezais e os marismas, que se localizam nas áreas estuarinas. Onde há aporte fluvial significativo e a pluma salina é impedida de penetrar os manguezais e marismas são substituídos por brejos e pântanos de maré (ANGULO; MILLER, 1990).

Bigarella (1946), Martin et al. (1985) e Lana e Guiss (1992), analisando os sedimentos das planícies de maré identificaram que os mesmos são ricos em matéria orgânica, podendo conter grânulos e seixos.

c) Depósitos de fundos rasos e deltas de maré

Os fundos rasos localizam-se no interior dos estuários com profundidades de até 2 metros, podendo ficar emersos nas marés baixas. Estas feições localizam-se nas áreas de sombra da maré vazante formando baixios, como é o caso do Baixio do Perigo (entre a Baía de Laranjeiras e Baía de Paranaguá) e baixio do Bagre (ao sul da Ilha Rasa). Estes baixios têm sido sistematicamente estudados e mapeados, como pode ser comprovado pelos trabalhos realizados por Bigarella, Doubek e Salamuni (1957) e Martin et al. (1988).

As pesquisas destacadas apontam para o envolvimento, nessa categoria de baixios, de bancos areno-argilosos e marismas da região intermarés e fundos rasos do infralitoral. Os fundos rasos podem ser também encontrados na foz dos rios que desaguam nas baías, dando origem a pequenos deltas.

Os deltas de maré são feições arenosas que ocorrem submersas ou semi-submersas, associadas às desembocaduras das Baías de Guaratuba e Paranaguá, do Canal de Superagui e do Mar de Ararapira. Esses deltas podem ser divididos em dois: os deltas de maré vazante, que se localizam no lado do mar, e os deltas de maré enchente que se localizam no interior das baías, estuário ou laguna.

No estado do Paraná, os deltas de vazante recebem maior destaque que os de enchente, por serem mais desenvolvidos e se apresentarem em maior número. Oertel (1975) encontrou feições de delta de enchente apenas na desembocadura sul da Baía de Paranaguá e na região do Mar de Ararapira.

Como destacado por Bird (2008), as correntes de maré são responsáveis pela circulação da água e dos sedimentos presentes nestes ambientes.

Angulo (1992) observou junto à desembocadura da baía de Paranaguá há ocorrência de algumas formas que podem ser identificadas como depósitos associados às correntes de marés enchentes, particularmente no lado sul do canal.

Suscetibilidades e Fragilidades das Unidades Morfo-sedimentares do Litoral Paranaense: contribuições ao planejamento do uso da terra

Tendo-se por base as características geológicas de cada uma das formações sedimentares do litoral paranaense, a sua localização em relação à declividade do terreno, a existência

ou não de cobertura vegetal, a proximidade com o mar e o tipo de solo estabeleceu-se as suscetibilidades de cada uma delas.

Sendo assim tem-se:

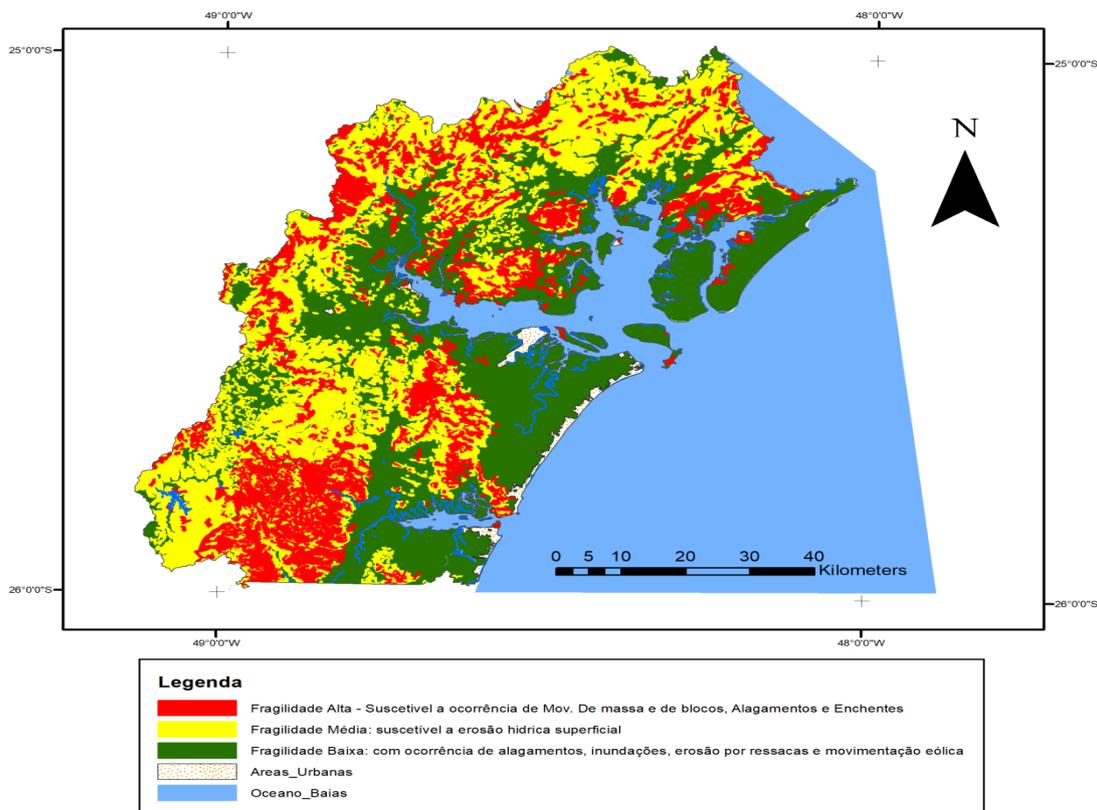
1. Formações suscetíveis aos movimentos de massa e quedas de bloco: os depósitos de colúvios e tálus (de origem de serra e pré serra);
2. Formações suscetíveis à ocorrência de alagamentos e enchentes e à erosão hídrica: os depósitos de aluvião e leques aluviaais, os depósitos flúvio-marinhos de Fundo Raso e Manguezais;
3. Formações suscetíveis à movimentação eólica e à erosão hídrica: os depósitos marinhos de planície com presença de cordões dunares;
4. Formações suscetíveis a erosão marinha: os depósitos praias, dunas e cordões da planície costeira.

A análise das suscetibilidades de cada uma das formações sedimentares do litoral paranaense permitiu a essa pesquisa chegar a um conjunto de quatro Fragilidades ou impedimentos de ocupação das mesmas. Essas fragilidades estão intimamente relacionadas à possibilidade de ocorrência de movimentos de massa, quedas de bloco, erosões hídricas, enchentes e alagamentos. Sendo assim, tem-se:

1. Fragilidade Alta: áreas suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa e quedas de bloco. Essas áreas encontram-se principalmente sobre as encostas da Serra do Mar (pré-serra e morros isolados) onde o substrato é composto por rochas ígneas e metafórficas, ligadas ao escudo e as áreas ativadas do cinturão orogênético. Essa classe enquadra também as áreas suscetíveis de alagamentos e enchentes. As quais estão nas proximidades dos rios, das baías, nas áreas de mangue, nos fundos rasos e nas depressões intercordões. As áreas com tal fragilidade são expressas em vermelho na Figura 3;
2. Fragilidade Média: suscetíveis a ocorrência de erosão hídrica superficial. Nessas áreas encontram-se os depósitos de aluvião e leques aluviaais. As áreas com tal fragilidade são expressas em amarelo na Figura 3;
3. Fragilidade Baixa: essa classificação está ligada ao fato de o relevo ser significativamente plano nessas áreas. Apesar de não haver problemas relacionados aos movimentos de massa e quedas de bloco, nessas áreas, pode ocorrer alagamentos, enchentes e inundações isoladas, além de movimentação eólica e erosão por ressaca nas áreas mais próximas ao mar. As áreas com tal fragilidade são expressas em verde na Figura 3;

Cabe destacar que as áreas de Fragilidade Alta do litoral paranaense, demonstradas em vermelho (Fig. 3) não devem ser ocupadas em virtude do alto risco à vida humana. As áreas em amarelo poderão ser ocupadas desde que tomadas as devidas precauções para evitar desmatamentos desnecessários e a instalação de processos erosivos. Já as áreas em verde, onde a fragilidade é baixa, podem ser livremente ocupadas,

Figura 3: Fragilidades da região litorânea Paranaense.



Organização: Machado (2017).
 Base Cartográfica: Mapa Geológico do PR Escala 1:600.000.
 Mineropar (2001).

Fonte: Machado (2017).

CONCLUSÕES

A pesquisa realizada permitiu uma melhor compreensão da região litorânea do estado do Paraná e, ao mesmo tempo, uma síntese do conhecimento geológico-geomorfológico desta interessante área.

Com o estudo realizado foi possível perceber que essa importante região do estado do Paraná tem sua gênese geológico-geomorfológica ligada aos processos tectono-sedimentares eustáticos e isostáticos, com o afundamento de blocos da área do escudo paranaense e inúmeros avanços e recuos do nível do mar. Destaca-se também a participação da rede de drenagem na construção de depósitos e na modelagem dos mesmos.

Por meio dos resultados verificou-se que na região litorânea ocorrem quatorze formações sedimentares distintas, que datam de períodos mais recentes na história geológica da região. Destas quatorze unidades, sete se localizam na região de encosta de serra ou pré-serra e as demais na planície litorânea.

Em relação às unidades de serra ou pré-serra, concluiu-se que tais formações apresentam suscetibilidade alta à movimentação de massas e blocos e à erosão fluvial, portanto, alta fragilidade.

As outras sete unidades de planície também possuem alta fragilidade devido à suscetibilidade à inundação, alagamento, movimentação eólica, erosão pela ação dos rios e erosão marinha. Essa alta suscetibilidade demanda do poder público um cuidado maior no uso e ocupação destas áreas.

Destaca-se que a maioria das formações presentes na área de serra ou pré-serra, encontram-se em grau de fragilidade alto, em função da declividade do terreno favorecer a movimentação de massa e a movimentação de blocos.

As formações da área de planície marinha apresentam uma fragilidade baixa, proporcionando a ocupação humana sem maiores problemas. Há que ter cuidado, entretanto, com as áreas passíveis de inundação, enchentes, erosão marinha e de ação diária da maré.

As formações de origem mista, por mais que se encontrem em área plana, apresentam alta fragilidade, por seu ambiente apresentam uma dinâmica significativamente grande e pouca estabilidade na sua formação.

Por fim, sugere-se que a ocupação da região litorânea do estado do Paraná seja realizada levando em consideração todos os aspectos naturais da área merecendo destaque a declividade do relevo, os tipos de solo, a cobertura vegetal e principalmente a estabilidade das formações geológicas, particularmente das sedimentares inconsolidadas.

REFERÊNCIAS

- ANGULO R.J. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. 1992. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo - SP.
- _____. Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas. **Bol. Paran. Geoc.**, n.41, p. 52-72, 1993.
- _____. Caracterização e reavaliação da Formação Alexandra (Terciário) e de sedimentos continentais associados a vertentes no litoral do Estado do Paraná, Brasil. **Acad. Brasil. Ciênc.**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 4, p.443-463, 1995.
- _____. Mapa do Cenozóico do litoral do Estado do Paraná. **Bol. Paran. Geoc.**, v. 55, p. 25-42, 2004.
- _____; MÜLLER, C.R. Preliminary characterization of some tidal flat at ecosystems on the State of Paraná Coast, Brazil. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 2, 1990, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** São Paulo: ACIESP, 1990. v. 2, p. 158-168
- _____.; PESSENDA L.C.R.; SOUZA M.C. O significado das datações 14C do litoral paranaense na reconstrução de paleoníveis marinhos e na evolução das barreiras do Pleistoceno Superior e Holoceno. **Rev. Bras. Geoc.**, São Paulo, v. 32, n.1, p. 95-106, 2001.
- _____; _____. O significado das datações 14C do litoral paranaense na reconstrução de paleoníveis marinhos e na evolução das barreiras do Pleistoceno Superior e Holoceno. **Rev. Bras. Geoc.**, v. 32, n.1, p. 95-106, 2002.
- ASCENÇO, M.S.A. **A Organização Espacial do Projeto de Assentamento Rural Nhundiaquara**. 1995. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba - PR.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BESSA JUNIOR. O. **Estratigrafia e sedimentação dos depósitos continentais cenozóicos da planície costeira do Estado do Paraná**. 1996. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de São Paulo, USP, São Paulo - SP.

- BIGARELLA, J.J. Contribuição ao Estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná. **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 1, p. 75-111, 1946.
- _____. Sand-ridge structures from Paraná coastal plain. **Mar. Geol.**, v. 3, p.269-278, 1965.
- _____. Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do Carbono 14. **Paleoclimas**, n. 1, p. 1-22, 1971.
- _____. Contribuição ao Estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, Volume Jubilé (1946-2001), p.65-110, 2001.
- _____. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional.** Florianópolis, UFSC/CFH/GCN, 2008.
- BIGARELLA J.J.; DOUBEK, A.; SALAMUNI, R. Planta geológica provisória da Baía de Guaratuba. **Bol. Univ. Par. Geol.**, v. 8, p. 1-6, 1957.
- _____.; MARQUES, F.P.L.; AB'SABER, A.N. Ocorrência de pedimentos remanescentes nas fraldas da Serra do Iquerim (Garuva - SC). **Bol. Paran. Geogr.**, v. 4/5, p. 83-93, 1961.
- _____.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Bol. Paran. Geogr.**, v. 16, n.17, p.85-116, 1965.
- _____.; BECKER R.D.; DUARTE G.M. Coastal dune structures from Paraná (Brazil). **Mar. Geol.**, v. 7, p.5-55, 1969.
- _____.; SILVA, J.X.; DUARTE, G.M. O desastre de Guaratuba: um estudo de Geomorfologia Aplicada. **Rev. Inst. Biol. Pesq. Tecnol.**, n.14, p.5 -16, 1970.
- _____.; _____. (Ed.) International symposium on the Quaternary. Topics for discussion. **Bol. Paran. Geoc.**, v. 33, p.169-276, 1975.
- _____.; BEKER, R.D.; DE MATOS, D.J.; WENER, A. **A Serra do mar e a porção oriental do estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional).** Curitiba: Secretaria Estadual de Planejamento/ ADEA, 1978.
- _____.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. dos. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** 2.ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2009.
- BIRD, E. C. F. **Coastal geomorphology: an introduction.** 2.ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2008.
- CALHEIROS, A. L. dos S. **Variações do nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos A.P. na planície costeira de Jacarepaguá - Rio de Janeiro.** 2006. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro - RJ.
- CORDANI, U.G; GIRARDI, V.A.V. Geologia da Folha de Morretes. **Bol. Univ. Fed. Par. - Geol.**, v. 26, p. 1-40, 1967.
- FUCK, R.A.; MARINI, O.J.; TREIN, E. A Formação Guaratubinha. **Bol. Paran. Geoc.** p. 237-255, 1967.
- IPARDES. **Diagnóstico ambiental da APA de Guaraqueçaba.** Curitiba, 1995. 166 p.+11 cartas.
- _____. **Zoneamento do litoral paranaense.** Curitiba: Fundação Edson Vieira, 1989. 175 p.
- LAMEGO, A. R. **Restingas na Costa do Brasil.** Rio de Janeiro: DNPM, 1940.
- LANA, P. C.; GUISS, C. Macrofauna - plant-biomass interactions in a euhaline salt marsh in Paranaguá Bay (SE Brazil). **Marine Ecology Progress Series**, v. 80, p.57-64, 1992.
- LAUBE, D. M., **Morfodinâmica Praial do Balneário Pontal II, Município de Pontal do Paraná (PR).** Pontal do Paraná, 2009. Monografia (Bacharelado em Oceanografia), Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba - PR.
- LESSA, G.C. et al. Stratigraphy and Hlocene Evolution of a Regressive Barrier in South Brazil. **Mar. Geol.**, v.165, n. 1-4, p.87-108, 2000.
- MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Arq. Biol. Tecnol.**, Curitiba, n. 2, p. 169-268, 1947.

_____. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Ed. UFPR, 1968.

MARTIN L. et al. Geoid changes indication along the Brazilian coast during the last 7,000 years. In: INTERNATIONAL CORAL REEF CONGRESS, 5, 1985, Tahiti. **Proceedings ...** v. 3, p. 85-90.

_____. **Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina**. Brasília: DNPM, 1988. (Série Geol., 28)

_____. **Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo**. Belo Horizonte: CPRM, 1997. p. 1-25.

OERTEL G.F. Ebb-tidal deltas of Georgia estuaries. In: CRONIN, L. E. (ed.). **Estuarine Research Geology and Engineering**, New York: Academic Press, 1975. Cap. 2, p. 267-276.

RAPP, A.; FAIRBRIDGHE, R.W. Talus fan or cone: scree and cliff debris. In: FAIRBRIDGHE, R.W. **Enciclopedia of Geomorphology**. Stroudsburg: D. Hutchinson & Ross, 1968.

RIVEREAU J.C. et al. **Barra do Ararapira, folha geológica**. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000, 1969a.

_____. **Guaratuba, folha geológica**. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000, 1969b.

_____. **Paranaguá, folha geológica**. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000, 1969c.

_____. **Pedra Branca de Araraquara, folha geológica**. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000, 1969d.

_____. **Guaraqueçaba, folha geológica**. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000, 1969e.

_____. **Antonina, folha geológica**. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000, 1970.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

_____. Geomorfologia aplicada aos EIA-RIMAS. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

_____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8ed. São Paulo: Contexto, 2005. (Repensando a Geografia).

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos Processos Erosivos. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs) **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 230-267.

SHORT, A.D. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. New York: John Wiley & Sons, 1999.

SUGUIO, K. et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Rev. Bras. Geoc.**, v.15, n.4, p. 273-286, 1985.

_____. **Dicionário de Geologia e áreas afins**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1992.

_____. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

TESSLER, M.G.; SUGUIO, K. Características sedimentológicas da Formação Cananeia (Pleistoceno superior) na área Paranaguá-Antonina (estado do Paraná, Brasil). **Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**, São Paulo, n. 2, p. 43-54, 1987.

Data de submissão: 14/03/2017

Data de aceite em: 28/10/2017