ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Geomorfologia e estrutura superficial da paisagem de zonas costeiras rochosas: um estudo de caso na Ilha do Cardoso (Litoral Sul de São Paulo)

Pedro Michelutti Cheliz¹, Regina Celia de Oliveira²

1 – Geógrafo e geólogo, mestre em análise ambiental e dinâmica territorial, e doutorando do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UNICAMP (pedro.michelutti@gmail.com), 2 – Geógrafa, professora-doutorada do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UNICAMP (reginacoliveira@ige.unicamp.br)

Artigo recebido em 24/07/2020 e aceito em 13/09/2021

RESUMO

Com o intuito de contribuir para o conhecimento da geomorfologia de zonas costeiras rochosas, o presente estudo objetivou caracterizar a estrutura superficial da paisagem da Ilha do Cardoso (litoral sul de São Paulo). A metodologia consistiu na integração entre mapeamentos e descrições geológicas e geomorfológicas macroscópicas de campo, caracterização dos padrões de precipitação e de arrebentação das ondas na área, análises laboratoriais (petrografia) de amostras das unidades litológicas locais e análises de imagens aéreas e orbitais. Elencou-se nove distintos padrões de combinações entre depósitos, formas de relevo de detalhe, unidades litológicas e processos exógenos. Realizou-se a contextualização das ocorrências de tais padrões da estrutura superficial em meio a caracterização da compartimentação geomorfológica, dos padrões de precipitação, das condições predominantes de agitação das águas do entorno da ilha, e ao mapeamento e caracterização petrográfica das unidades litológicas locais. Elencou-se que a gênese dos padrões de estrutura superficial da Ilha teria uma contribuição da sobreposição de variações horizontais da caracterização mineralógica das unidades litológicas com: 1 - variações climáticas interanuais locais e consequentes modificações sazonais na drenagem e escoamento superficial, 2- variações espaciais das condições morfodinâmicas predominantes presentes na linha de costa da Ilha (segmentos expostos predominantemente a processos lagunares versus segmentos expostos a processos de mar aberto versus segmentos expostos a ação fluvial e de escoamento superficial). As diferentes unidades litológicas de rochas duras locais vinculadas a distintas caracterizações petrográficas quando expostas as mesmas condições morfodinâmicas da ação das águas litorâneas resultam em feições de relevo de detalhe e depósitos bastante diversos entre si em termos de grau de preservação e declives das plataformas rochosas, bem como das dimensões e graus de arredondamento dos depósitos de fragmentos rochosos. Interpretou-se que tais heterogeneidades teriam uma contribuição de diferentes suscetibilidades das diversas composições e arranjos mineralógicos de cada uma das unidades litológicas das rochas duras locais aos padrões de intemperismo ligados a cada um dos três conjuntos (lagunares, de mar aberto e fluviais) de processos morfodinâmicos predominantes atuantes na área.

Palavras-chave: níveis de aplainamento, costões rochosos, depósitos de fundo de vale, geomorfologia costeira e litorânea, costas rochosas

Geomorphology and surface structure of rocky coastal zones: study case on the Cardoso Island (south coast of São Paulo State, Brazil)

ABSTRACT

In order to contribute to the knowledge of coastal geomorphology of rocky coastal areas, the present study aimed to characterize the surface structure of the coastal escarpments of Ilha do Cardoso (south coast of São Paulo). The methodology consisted of integrating macroscopic geological and geomorphological mapping and field descriptions, characterizing patterns of precipitation and breaking waves in the area, laboratory analysis (petrography) of samples from local lithological units and analysis of aerial and orbital images. There were characterized nine distinct patterns of combinations between deposits, forms of detailed relief, lithological units and exogenous processes. The occurrences of such patterns of surface structure were contextualized amid the characterization of geomorphological compartmentation, precipitation patterns, the prevailing conditions of agitation of the waters surrounding the island, and the mapping and petrographic characterization of local lithological units. Thus, it was pointed out that the genesis of the island's surface structure patterns would have a contribution of overlaps between local inter-annual climatic variations and consequent seasonal changes in drainage and surface runoff, and to different combinations between the spatial variations of the mineralogical characterization of the lithological units and the predominant morphodynamic conditions present on the island (segments exposed predominantly to lagoon processes versus segments exposed to open sea processes versus segments exposed to fluvial action and runoff). The different lithological units of local hard rocks linked to different petrographic characterizations when exposed to the same morphodynamic conditions linked to the

action of coastal waters result in features of detail relief and deposits quite different from each other in terms of degree of preservation and inclinations of the rocky platforms, as well as the dimensions and degrees of roundness of the rock fragments deposits. It was interpreted that such heterogeneities would have a contribution of different successibility of the different compositions and mineralogical arrangements of each local hard rock lithological units to the weathering patterns linked to each of the three sets of predominant morphodynamic processes operating in this coastal segment

Keywords: planning levels, coastal rocky cliffs, valley floor deposits, coastal geomorphology, rocky coasts

Introdução

Os estudos sobre a caracterização geomorfológica de zonas costeiras rochosas (Trenhaile, 2016; Stefano, 2017; Faria, 2018; Montoya-Montes et al. 2019; Mottershead, 2020, Lerma et al. 2020; Del Rio et al. 2020) mostram-se ligados a diferentes perspectivas temporais (Kennedy et al. 2017). Dentre elas, ressaltamos aquelas que buscam descrever registros de feições de relevo de detalhe e depósitos de zonas costeiras rochosas como produtos de cenários paleoambientais e processos morfodinâmicos quaternários pretéritos distintos dos vigentes atualmente (Almeida, 1961; Roig-Munar et al. 2019), e as que buscam interpreta-los como produtos de repetição prolongada no passado de processos atualmente ainda em curso (Faria, 2018; Varley e Simon, 2019; Del Rio et al. 2020). Inserindo-se ambos os enfoques dentro da concepção de estudos da estrutura superficial da paisagem como definida por Ab`Saber (1969), onde busca-se inventariar e interpretar os registros morfológicos de detalhe e coberturas superficiais cujas origens se deram durante o Quaternário.

Uma parcela de tais estudos buscam discutir a contribuição do trabalho de agentes hídricos (tais como escoamento superficial e rios litorâneos, e do próprio mar) dos ambientes litorâneos sobre as unidades rochosas que afloram na zona costeira (Almeida, 1958 e 1961; Faria, 2018; Swirad et al. 2017; Varley e Simon, 2019), em diferentes escalas de tempo (Kennedy et al. 2017). Pesquisas sobre a estrutura superficial da paisagem (Ab`Saber, 1969) de zonas costeiras rochosas podem, assim, tanto fornecer subsídios sobre as oscilações da paisagem litorânea ao longo do tempo geológico, quanto usar de contribuições dos conhecimentos sobre estas transformações pretéritas para realizar previsões de mudanças em áreas costeiras decorrentes de oscilações dos processos morfodinâmicos aos quais atualmente encontram-se expostas. Adotando, assim, uma sobreposição com o nível de análise da fisiologia da paisagem, ainda de acordo com Ab`Saber (1969)

Estudos como os mencionados mostram-se pouco frequentes no Brasil (Ab`Saber, 1955, 1969 e 2000; Cruz, 1974; Almeida, 1958 e 1961; Gobbi, 2017; Faria, 2018). Dentre as áreas do litoral brasileiro cujos estudos da estrutura superficial rochosa costeira permanecem por serem feitos inclui-se a Ilha do Cardoso, no litoral sul de São Paulo (figura 1). A Ilha do Cardoso, a despeito de sua área relativamente diminuta (150 km²), mostra-se representativa dos mais frequentes dentre os diversos ambientes e agentes hídricos litorâneos da costa sul e sudeste do Brasil. Na medida em que parte das suas escarpas rochosas encontra-se exposta a condições de mar aberto de alta energia, outra parte a condições lagunares de baixa energia, e uma terceira parte exposta predominantemente a ação do escoamento superficial e de rios serranos perenes ligados a alta pluviosidade da costa sul e sudeste do Brasil.

Como uma contribuição ao tema, o presente trabalho de pesquisa teve como objetivo caracterizar a estrutura superficial da paisagem (Ab`Saber, 1969) da zona costeira rochosa da Ilha do Cardoso, buscando estabelecer ligações entre os depósitos e formas de relevo de detalhe com diferentes tipos de combinações entre unidades litológicas e processos exógenos atuantes no local ao longo do tempo. Para tal fim, enfatizou-se no presente artigo a caracterização e discussão dos seguintes elementos da estrutura superficial da paisagem rochosa da Ilha do Cardoso: níveis de semi-aplainamento, depósitos de blocos e feições morfológicas de detalhe nos fundos de vales das serras, feições de relevo de detalhe e depósitos dos costões. De maneira similar, visou-se apresentar a contextualização morfológica, morfométrica e litológica dos citados elementos da estrutura superficial da paisagem. Buscamos usar a análise integrada destes conjuntos de dados para testar a hipótese que a sobreposição entre a distribuição espacial das heterogeneidades mineralógicas das unidades litológicas e dos processos morfodinâmicos locais teriam uma contribuição para a diversidade de padrões da estrutura superficial da paisagem rochosa local.

Figura 1 – A: localização da área de estudo, com área da ilha contida em meio ao pontilhado amarelo, B e C: fotografias da zona costeira rochosa da Ilha do Cardoso. Fonte: o autor, a partir da composição *WordView* disponibilizada pelo Arcgis 9.0, fotografia (B) de Manoel Neves e fotografia (C) tirada em trabalhos de campo no ano de 2013.

Material e métodos

Realizou-se inicialmente a compartimentação geomorfológica da Ilha, por meio de uma mescla da análise de: 1- imagens aéreas e orbitais; 2- dados advindos de levantamentos de campo, com ênfase nos procedimentos recomendados por Ab`Saber (1969). Um total de cinco trabalhos de campo foram realizados entre 2013 e 2014 para a realização de descrições macroscópicas de registros da estrutura superficial e de seu contexto morfométrico e litológico, e coleta de amostras para análises laboratoriais.

Inicialmente, foram confeccionadas cartas morfométricas (hipsométrica e clinográfica) seguindo as recomendações de Gigliotti (2010) a partir de interpolações e mediações entre imagens orbitais Aster adquiridas no primeiro semestre de 2013, cartas topográficas do IBGE (1972) e do IGc (2020) e medidas de declives da superfície do terreno em campo tomadas com bússola Brunton (Cheliz, 2015). A carta litológica da área de estudo foi preparada a partir de procedimentos usuais de mapeamento geológico (Lisle, 2011), que incluíram a realização de dois trabalhos de campo durante o ano de 2013, e revisão da literatura prévia (Kramann et al, 1999; Weber et al, 1998). Ao longo do mapeamento foram coletadas 53 amostras de rochas tidas como representativas dos principais conjuntos litológicos locais, para descrição macroscópicas e microscópicas. Deste total de amostras, 23 delas foram preparadas para análise em microscópio

petrográfico -Winchell, 1951. A carta de compartimentação da paisagem das Serranias e sua subdivisão em distintas subunidades de relevo foi apresentada em seus atributos sumários com base na sobreposição dos dados anteriormente mencionados – Ab`Saber, 1969. Foram preparados, com base na sobreposição dos materiais supracitados, perfis morfológicos, visando representar os padrões morfológicos mais relevantes das Serranias para os objetivos do presente estudo. Esse conjunto de levantamentos prévios foi usado em parte para delimitar áreas-chave tidas como mais adequadas para se centrar os levantamentos de elementos da estrutura superficial da paisagem, e para poder melhor contextualiza-las.

Em seguida, realizou-se três trabalhos de campo da Ilha entre 2014 e 2015 visando identificar e caracterizar registros da estrutura superficial das serranias locais. Cada um dos três tipos principais de registros focados (níveis de semi-aplainamento, depósitos de blocos e feições morfológicas de fundo de vale das serranias interiores, e depósitos e feições morfológicas de detalhes dos costões rochosos de distintos pontos da linha de costa) foram descritos de acordos com procedimentos específicos, apresentados a seguir.

No presente trabalho, buscou-se delimitar níveis de semi-aplainamento partindo da delimitação do conjunto de pontos ou áreas da mesma altura com declives diminutos em relação a seus entornos, como elencado por Cruz (1972). Foram também levadas em consideração restrições a altimetrias máximas nos topos de interflúvios

em amplas extensões. Usou-se combinação de trabalhos de campo e os mapas morfométricos e morfológicos previamente elaborados como base para buscar em campo as superfícies de semi-aplainamento, visando realizar seu registro fotográfico e busca de identificação de coberturas superficiais eventualmente associadas. Após sua delimitação e contextualização, buscou-se discutir possíveis correlações entre as cotas altimétricas em que os níveis semi-aplainados foram identificados e os registros de superfícies de aplainamento costeiras da literatura (Freitas, 1947 e 1951; Silveira, 1950 e Ab`Saber, 1955).

Os depósitos de blocos e feições morfológicas dos fundos de vale das serranias interiores e dos costões rochosos foram caracterizados a partir de delimitação das dimensões dos clastos rochosos que formam os depósitos locais, incluindo a determinação do *maximum particle size* (Nichols, 2000), padrões de arredondamento e caracterização dos tipos litológicos. Para definição de grau de arredondamento foi usada a proposta de Wendel (2014) de classificação macroscópica, que propõe variação entre muito angular (superfície totalmente irregular) a bem arredondada (superfície completamente sem heterogeneidades) tendo como unidades intermediárias os graus de arredondamento angular, subangular, subarredondada e arredondada. Em cada um dos costões e dos setores dos fundos de vale analisados foram tomadas medidas das dimensões e grau de arredondamento dos maiores e menores fragmentos de rocha encontrados, bem como de 30 a 100 fragmento dos fragmentos contidos entre os intervalos de dimensões intermediárias mais comuns de cada um deles. Perfis morfológicos simplificados e descrições macroscópicas dos cortes verticais no entorno dos depósitos de blocos descritos também foram realizados, por meio da combinação do uso de trenas para medições de distâncias e uso de bússola Brunton para medições de declives do terreno (Cheliz, 2015).

Ao fecho, previamente referidos levantamentos de dados da estrutura superficial foram ponderados referentes a contextualização de seus posicionamentos na compartimentação da paisagem das Serranias (Cheliz, 2015), bem como em relação as distintas caracterizações das unidades litológicas e fatores morfodinâmicos dos seus entornos.

Resultados e discussão

Caracterização do meio físico em que se inserem as Serranias e costa rochosa da Ilha do Cardoso

As Serranias da Ilha do Cardoso (figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7) caracterizam-se por altimetrias predominantemente contidas entre 20 e 700 metros, havendo também segmentos minoritários dispostos entre 0 e 20 metros. Os declives variam usualmente entre 6 e 15 graus de inclinação nos sopés serranos a mais de 30 graus de inclinação nas vertentes mais elevadas, bem como mostram-se associadas predominantemente a diversos tipos de rochas graníticas e quartzosas (aqui chamados de “Granitos Diversificados”) e Rochas Metamórficas Miscigenadas (tabela 1 e figura 4). Apresentando, assim, nítida distinção do conjunto de planícies que as circundam, estas vinculadas usualmente a sedimentos arenosos e argilosos inconsolidados, a declives predominantemente abaixo de 6 graus e altimetrias abaixo de 20 metros (figuras 2, 3, 4, 5, , 6 e 7, e tabela 1) – Cheliz, 2015.

Na área de estudo, o alinhamento de interflúvios e cumeadas principais das Serranias se distribui em direção proximal a leste-oeste (mesma direção do contato de suas principais unidades litológicas) e nordeste-sudoeste. A partir desta linha de cumeada, encontram-se em fraturas do embasamento rochoso as nascentes de diversos rios perenes que fluem retilíneos em direções predominantemente N-S emoldurado por vales de vertentes diversificadas (tabela 2), e frequentemente assimétricas (e.g – mostrando-se usualmente as vertentes a leste dos canais de fundo de vale principais mais íngremes do que as a oeste). Há também um menor número de canais nodais que assumem direções W-E em seus cursos com nascentes dispostas nos flancos ocidentais e orientais da cumeada, caracterizados por extensões totais em planta menores de seus cursos (figura 7).

As Serranias fracionam-se em quatro subcompartimentos de relevo (tabela 2 e figura 7), sendo cada um deles caracterizados por particulares variações dos declives médios, distintas distâncias entre interflúvios secundários, desníveis verticais locais e estando sob a influência de diversificados fatores morfodinâmicos predominantes (tabela 2). O contato entre os diferentes subcompartimentos de relevo é marcado por inflexões bruscas no declive dos rios de fundo de vale (tabela 2)

Figura 2 – mapa altimétrico da Ilha do Cardoso.

Figuras 3 –Clinográfico da Ilha do Cardoso.

Figura 4 – A: Mapa litológico da Ilha do Cardoso, B e C: perfis apresentando associações das unidades litológicas com variações de altitudes e declives das Serras em meio ao contexto da Ilha do Cardoso

Figura 5 – Afloramentos rochosos das Serras da Ilha do Cardoso. A, B, D e E –rochas graníticas / quartzosas diversificadas. C, G, H, F e I – afloramentos de Rochas Metamórficas Miscigenadas, com intrusão granítica em G. Fonte: composições de fotos próprias e de fotografias disponibilizadas por Manoel Neves.

Figura 6 – Microfotográficas de unidades rochosas das serranias da Ilha do Cardoso: A- Rochas Graníticas e Quartzosas Diversificadas, B e C – Rochas Metamórficas Miscigenadas.

Tabela 1 - Fundações rochosas das serranias da Ilha do Cardoso – principais litotipos, e caracterização macroscópica e petrográfica

Rochas Metamórficas Miscigenados (norte do Complexo Ígneo-Metamórfico)			
	Descrição Macroscópica	Descrição Petrográfica	Observações
Mica-quartzo xistos	Coloração rosa, textura afanítica, granulação fina. Decomposição da rocha forma saliências centimétricas paralelas, de direção entre N84W e E-W	Biotitas 35%, Muscovita 25 %, Quartzo 15%, Outros (incluindo Andalusita, Cordieritas e Granadas) 25 %. Textura de foliação (direção W-E).	Associam-se predominantemente aos sopés das Serranias.
Quartzo-mica xistos	Coloração cinza, textura afanítica, granulação fina. Decomposição da rocha forma saliências centimétricas paralelas, de direção entre N84W e E-W	Quartzo 35%, Biotita (20%), Muscovita (15%), Outros (Incluindo Andalusita, Cordieritas e Granadas) 30%. Granadas, quando presente, usualmente mostram-se como porfiroblastos (próximo a contatos com Granitos Diversificados). Textura de foliação (direção W-E).	Associam-se majoritariamente aos segmentos de altimetria intermediária. Raramente, apresentam lentes de quartzito
Granitos e Rochas Quartzosas Diversificados (Sul do Complexo Ígneo-Metamórfico)			
	Descrição Macroscópica	Descrição Petrográfica	Observações
Sienitos	Inequigranular, leucocráticas e coloração cinza clara. Granulação Média	Microclinio 55%, Quartzo 5%, Outros (oligoclasio, horblenda, biotita e piroxênios) 40%	Por vezes são encontrados intercalados pontuais
Granitos	Inequigranular, leucocráticas e coloração cinza clara. Granulação Média	Quartzo 50%, Microclinio 30%, Outros (oligoclasio, horblenda, biotita e piroxênios) 20%	rochas básicas e quartzitos

Fonte: elaboração própria, a partir de dados do presente trabalho, Kraman et al (1998), Weber et al (2001) e Cheliz (2015)

Figura 7 – mapa da compartimentação de relevo da Ilha do Cardoso referente aos padrões prevalentes no ano de 2015, com ênfase para Serras. Fonte: Cheliz (2015)

Tabela 2 – Caracterização sumária dos subcompartimentos de relevo das Serranias

	Altimetria e Declives	Distância entre Interflúvios e desníveis verticais entre topos de interflúvios e fundos de vales
Baixas Vertentes	Baixas (20-120 metros, 6-15 graus), nas vertentes, calhas fluviais de inclinações brandas (<5 graus)	Baixas distâncias (menores que um quilômetro), baixos desníveis (até 100 metros),
Médias Vertentes	Intermediários (120-400 metros, 15-30 graus) nas vertentes, calhas fluviais de inclinações predominantemente contidas entre 15 e 5 graus	Médias distâncias (maiores que um quilômetro, médios desníveis (acima de 100 metros)
Altas Vertentes e Divisores Elevados	Altos (400-720 metros, acima de 30 graus), calhas fluviais de inclinações predominantemente acima de 15 graus)	Baixas distâncias (<1km), elevados desníveis (acima de 100 metros)
Morros	Baixas altitudes (20-80 metros), e médios-altos declives (até 20 graus nos segmentos voltados para terras emersas, acima de 50 nos segmentos adjacentes a linha de costa)	Baixas distâncias (menores que um quilômetro), baixos desníveis (até 100 metros)

Fonte: adaptado de Cheliz (2015)

A batimetria dos entornos mostra heterogeneidades significativas quando comparamos os segmentos a norte, oeste, leste e sul das terras emersas da Ilha. A norte, o relevo submarino mostra-se caracterizado por declives brandos (inferiores a 5 graus) e profundidades menores dos leitos marinhos (não se registram profundidades maiores do que 10 metros mesmo afastando-se quilômetros da linha de costa da Ilha); no leste registram-se quebras súbitas e desníveis verticais pontuais superiores a 10 metros próximos a linha de costa, e no sul predominam declives intermediários (entre 5 e 15 graus - Marinha do Brasil, 1938)

As Serranias encontram-se recobertas por associações vegetais de matas atlânticas, sendo atualmente caracterizadas por clima quente (registros de temperaturas acima de 38 graus *Celsius* no verão) e úmido, mas expostas a intensa incidência de frente frias no inverno (Cheliz, 2015) – quando temperaturas podem ficar abaixo de 10 graus, com chuvas abundantes (valores mínimos

das médias mensais acima de 80 mm) ao longo do ano todo, mas com maiores concentrações nos meses de verão (onde frequentemente ultrapassam 200 mm de chuvas mensais) - figura 8. Na escala interanual, registram-se variações significativas dos valores absolutos de pluviosidade, com alguns anos apresentando quantidade total de precipitações com valores mais do que duas vezes maiores do que os anos associados a menores valores de pluviosidade da série histórica (figura 8). Há registro de arrebenções constantes de ondas de dimensões usualmente próximas de um metro e direção NW-SE no segmento sul, voltado para o mar aberto, e de direção W-E no segmento leste da praia de Itacuruça, voltado para a barra de Cananéia. No norte usualmente somente formam-se arrebenções por ocasião de eventos atmosféricos extremos, ligados a passagem de frentes frias. Nas mesmas ocasiões as dimensões das ondas dos segmentos leste e sul da Ilha crescem, podendo superar 2 metros de altura (Cheliz et al. 2019; Souza et al., 2019).

Figura 8 – precipitações médias da Ilha do Cardoso, tomadas com base nas medidas do pluviômetro instalado na comunidade do Pereirinha-Itacuruça (núcleo Perequê). Fonte: elaboração própria, a partir de banco de dados do DAEE (2015)

A Estrutura Superficial das Serranias

Níveis de aplainamento

Foram identificados e caracterizados sete níveis de aplainamento em meio as Serranias da Ilha do Cardoso, correlacionados as altitudes de 0-1, 3-7, 20-60, 120-140, 200-300 e 600-720 metros, que associam-se tanto a segmentos dos Granitos Diversificados, quanto a Rochas Metamórficas Miscigenadas (figuras 7, 9 e 10).

Os níveis de aplainamento contidos entre as altitudes de 0 a 2 e de 3 e 7 metros acima do mar mostra-se associados a Morros Residuais e costões rochosos do corpo principal de Serranias, e encontram-se adjacentes a linha de arrebentações das águas costeiras. Encontram-se presentes tanto em segmentos voltados para a área lagunar (norte e nordeste), como nos voltados para o mar aberto (sul) e para a Barra de Cananéia (leste).

Sua distribuição e extensão em área são descontínuas e diminutas, abaixo da acuidade visual das fontes de imagens aéreas usadas para o presente trabalho. Somente foram possíveis de serem identificados por levantamentos de campo. Dentre os associados a Morros Residuais destacam-se pequenos níveis a montante dos segmentos mais íngremes de suas vertentes voltadas para o mar ou laguna. Os níveis de aplainamento de algumas dezenas de metros quadrados presente no Morro do Pereirinha, em seu segmento noroeste, pode ser elencado como exemplo típico. Mostram-se no local a presença de níveis de aplainamento entre 0 e 1 metros, de extensão horizontal de até 15 metros em traçados perpendiculares a linha de costa. Mostram-se antecédidos de trechos do terreno de extensões horizontais de 5 metros e desníveis verticais locais de 3 metros, seguidos de novo segmento de suavização do terreno, que passa novamente a apresentar inclinações inferiores a 5 graus. Superimposto a este nível semi-aplainado disposto entre 3 e 5 metros encontram-se cobertura de conchas, associados a um antigo sambaqui cuja configuração original mostra-se já bastante comprometida (Petri e Fúlfaro, 1970; Petri e Suguio, 1971; Cheliz, 2015). Voltando a se deslocar afastando-se da margem lagunar alguns poucos metros, porém, o nível de declives suavizado se extingue, dando lugar sem gradação a inclinações das vertentes do Morro próximas a 30 graus.

Dentre aqueles níveis de semi-aplainamento associados aos costões do corpo principal de Serranias, merece destaque também

aqueles presentes no Costão do Cambriú, na transição entre a Barra de Cananéia e o Oceano Atlântico, situados entre 3 e 7 metros de altitude. Os leitos rochosos graníticos ali presentes erguem-se nas plataformas rentes ao mar com declividades elevadas, muitas vezes superando 50 graus de inclinação. Ao se aproximarem das cotas contidas entre 3 e 7 metros as declividades em setores diversos bruscamente praticamente se anulam, dando lugar a discreto caimentos não superiores a 5 graus de inclinações (figura 9a).

Nota-se, ainda, diferentes tipos de combinação entre os níveis de semi-aplainamento supracitados e as unidades litológicas locais. Os níveis de aplainamento vinculados as cotas de 0-1 metros mostram-se mais comumente associados as Rochas Metamórficas Miscigenadas. Os níveis de aplainamento das cotas de 3-7 metros mostram-se, por outro lado, mais comuns e com maior continuidade em planta nas áreas vinculadas ao predomínio dos Granitos Diversificados.

Figuras 9 – níveis de aplainamento do Costão do Cambriú (3 a 7 metros) e Costão de Itacuruça (30-50 metros) respectivamente, com superfícies de aplainamento estimadas destacadas. Fonte: adaptado, a partir de fotografia de Noeli Neves (2013) e do primeiro autor (2013)

O nível de aplainamento contido entre 20 e 60 metros acima do nível marinho apresenta continuidade e dimensão em área suficiente para ser identificado não somente por levantamentos de campo, mas também pelas imagens aéreas

tomadas como base para o presente trabalho. Os segmentos dos terrenos correlacionados com o nível de aplainamento 20-60 metros são encontrados no topo de esporões das Serranias que se prolongam para o mar, como a Ponta de Itacuruça (Oeste – figura 9b) e o Esporão de Foles (Sul), e também nivelando o topo de alguns morros residuais como o do próprio Morro do Pereirinha. Salientam-se nitidamente como patamares semi-aplainados, em contraste com as formas semi-arredondadas e irregulares contíguas a eles.

O nível de 100-120 metros se mostra,

sobretudo, pelo topo dos interflúvios das baixas vertentes da Ilha, tal como no segmento norte da Ilha (figura 10), bem como no Morro do Marujá e algumas outras elevações pontuais no sul da Ilha. Os níveis de aplainamento elencados correlatos as altitudes de 200-300 metros mostram-se difusos, e de mais difícil identificação. Mostram-se presentes como níveis escalonados dispersos em meio as quedas altimétricas e declives de alguns dos esporões rochosos principais das Serranias, como na Ponta de Itacuruça. Em segmentos pontuais ao longo das Médias Vertentes também observa-se estreitos patamares com feições similares.

Figura 10 – perfis topográficos evidenciando nível de aplainamento de 120-140 metros, referente a cumeadas de interflúvios das Baixas Vertentes do segmento norte da Ilha. Suas localizações são dadas por P1 e P5, respectivamente, no mapa da figura 7.

O nível de aplainamento contido entre 600 e 720 metros, por sua vez, mostra-se preservado em limitados segmentos nos mais elevados interflúvios da Ilha, nas Altas Vertentes e Divisores Elevados. Ressaltando-se em segmentos diversos, os declives sensivelmente mais brandos do que os elevados declives das Altas Vertentes da Ilha imediatamente a jusante.

Coberturas superficiais de fundo de vale, e feições morfológicas de detalhe dos canais nodais das serranias

Nos fundos de vale dos sopés das Serras (subunidade de relevo das Baixas Vertentes) as calhas dos canais apresentam declividades diminutas em relação a média das Serranias, dificilmente ultrapassando 5 graus de inclinação. Mostram-se geralmente recobertas por sedimentos arenosos. A transição com as vertentes adjacentes ao canal muitas vezes se faz de forma gradacional

e suavizada, ou apresentando terraços de bordos abruptos com ordem decimétrica ou métrica de regolitos expostos. Em outras, sobretudo nos segmentos próximos aos limites com as Médias Vertentes, a transição se faz de forma mais brusca, na forma de terraços de bordos abruptos de desníveis verticais superiores a um metro, que chegam a expor o próprio embasamento rochoso das Baixas Vertentes (figura 11).

Associados aos terraços de bordos abruptos de maior expressão estão amplas irregularidades na própria calha dos canais. Pontualmente, apresentam descontinuidades súbitas pautadas por incisões em seus fundos até 2 metros mais profundas do que segmentos imediatamente a montante ou jusante do canal. Tanto estas descontinuidades quanto os segmentos a jusante encontram-se recobertas por cascalhos (figura 11 e tabela 4).

Nas Médias Vertentes, os canais de fundo de vale apresentam-se com atributos distintos dos encontrados nas Baixas Vertentes. A inclinação média das calhas fluviais mostra-se maior, estando majoritariamente contidas entre 5 e 15 graus. Canais mostram-se também recobertos por coberturas de blocos rochosos, tanto no segmento sul de rochas graníticas, quanto no segmento norte de rochas metamórficas. As referidas coberturas de blocos rochosos foram caracterizadas predominantemente como depósitos de blocos polimíticos e clasto-suportados. As litologias associadas aos clastos rochosos mostram-se significativamente diversificada em diferentes segmentos altimétricos das Médias Vertentes (tabelas 4 e 5). No segmento sul das Serras mostram-se predominantes os blocos de granitos e sienitos, independente do ponto altimétrico em que se esteja das Médias Vertentes. No segmento norte são poucas as litologias que se mostram presentes no conjunto de todos os intervalos altimétricos das Médias Vertentes. Muitas dos litotipos dos clastos se mostram apenas em conjuntos altimétricos específicos. Granitos e quartzitos podem ser encontrados desde as altimetrias mais reduzidas, ainda que em frequência menor, enquanto blocos de mica-quartzo xistos deixam de mostrarem-se presentes em geral acima da cota de 180 metros (tabelas 3 e 4).

Figura 11 – A: depósitos de blocos de fundo de vale próximos aos limites entre Baixas Vertentes e Médias Vertentes., B: feições morfológicas de detalhe próximas aos limites entre Baixas Vertentes e Médias Vertentes.

blocos variam em aparente correlação com a altimetria ao longo das médias vertentes (tabelas 3 e 4). Nas altimetrias mais reduzidas, encontram-se menores valores de granulometria média e um grau maior de arredondamento dos clastos (como detalhado nas tabelas 3 e 4). Conforme se alcança cotas de altitude mais elevadas registra-se um incremento da granulometria média, e redução do grau de arredondamento dos clastos (tabelas 3 e 4).

Figura 12 – A: blocos de maiores dimensões contíguos a uma pequena lagoa com assoalho semi-aplainado nas Médias Vertentes; B: detalhe de corte exposto adjacente a um canal na transição entre Baixas e Médias Vertentes, onde se visualizava blocos arrestados em meio a predominantemente sedimentos areno-argilosos; C: depósitos de blocos em meio a um canal das Médias Vertentes; D: em primeiro plano, uma das pequenas lagoas contíguas a blocos de maiores dimensões nas Médias Vertentes, em segundo plano segmento em que o canal de fundo de vale local apresenta declives mais acentuados, padrão dominante das calhas fluviais nas Médias Vertentes; E: depósitos de blocos contíguos a um canal temporário.

A granulometria e o arredondamento dos

Tabela 3 - Características Sumárias da Cobertura de Blocos das Médias Vertentes do Canal do Poço dos Antas, afluente do Rio Perequê

Altímetria	Litologia	Granulometria Média	Maximum Particule Size	Grau de Arredondamento
100-140 m	Mica-quartzo xistos, Quartzomica xistos, Granitos	3 cm	30 cm	Subarredondada, Arredondada
140-180 m	Mica-quartzo xistos, Quartzomica xistos, Granitos	9 cm	70 cm	Subangular, Subarredondada
180-220 m	Quartzo-mica xistos, Granitos	20 cm	110 cm	Subangular
220-260 m	Quartzo-mica Xistos, Granitos	35 cm	220 cm	Angular, Subangular
260-300 m	Granitos, Quarzo-Mica Xistos	46 cm	300 cm	Muito Angular, Angular

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de campo

Tabela 4 - Características Sumárias da Cobertura de Blocos das Médias Vertentes do Rio Perequê

Altímetria	Litologia	Granulometria Média	Maximum Particule Size	Grau de Arredondamento
100-140 m	Mica-quartzo xistos, Quartzomica xistos, Granitos	2 cm	45 cm	Subarredonada
140-180 m	Mica-quartzo xistos, Quartzomica xistos	6 cm	90 cm	Subangular e subarredondada
180-220 m	Quartzo-mica xistos, Granitos	10 cm	185 cm	Angular, Subangular e Subarredondada
220-260 m	Quartzo-mica xistos cinzas, Granitos	20 cm	250 cm	Angular, Subangular
260-300 m	Granitos, Quartzomica Xistos	32 cm	330 cm	Muito Angular, Angular

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de campo

Adjacentes aos blocos rochosos de dimensões particularmente mais elevadas e discrepantes daqueles da sua cota altimétrica (pobremamente selecionados), formam-se acúmulo de pilhas de até 5 metros de altura de fragmentos rochosos (figura 11). Os agrupamentos mencionados diminuem a área de vazão dos canais e formam discretos níveis semi-aplainados em meio aos em gerais mais inclinados leitos dos canais das Médias Vertentes. Os patamares semi-aplainados citados contribuem, ainda, para pontual obstrução dos fluxos da água corrente e formação de feições de relevo assemelhados a pequenas lagoas (figura 12), de raio máximo não superior a 5 metros. Cabe registrar que estes acúmulos de blocos são capazes mesmo de atuar como barreiras e fazer com que a drenagem adquira sentidos e direções diversos – por vezes até perpendiculares – das de maior declividade dos segmentos das Serras em que estão inseridos. Observa-se tais ocorrências, dentro outros, no Rio Perequê e alguns de seus afluentes (figura 12).

A partir do limite entre as Médias e Altas Vertentes, em geral contido entre 300 e 500 metros, a cobertura sedimentar de blocos rochosos desaparece praticamente por completo na calha

dos canais principais. Tal transição se faz de forma brusca e com praticamente inexistente gradação. Concomitantemente, vertentes apresentam incremento em suas declividades, e o desnível vertical entre calhas e topo de interflúvios secundários mostra-se consideravelmente maior (>100 m) do que nas Médias e Baixas Vertentes (conforme detalhado nas tabelas 2, 3 e 4). Inclinação média dos leitos rochosos sobre os quais a água escoar mostra-se também significativamente maior do que nas Médias e Baixas Vertentes, apresentando-se contida entre 30 e 45 graus.

Adentrando no segmento dos subcompartimentos das Alta-Vertentes os afloramentos rochosos mostram-se visíveis em meio ao fluxo das águas, praticamente inexistindo a presença de coberturas sedimentares acumuladas sob os leitos rochosos. Mesmo as calhas dos canais fluviais também deixam, em alguns segmentos, de estarem presentes. Nestes locais, a água corrente escorre através de lâminas delgadas (<5cm) em meio aos leitos rochosos expostos em superfícies contínuas, cuja largura em planta (em direções perpendiculares ao gradiente de maior

declive do terreno) pode atingir a ordem de algumas dezenas de metros (com fluídos de água corrente pontualmente mostrando-se também alojados em fraturas que apresentam larguras contidas entre 1 e 6 cm).

As feições geomórficas de detalhe dos canais apresentam, ainda, padrões diferentes ao compararmos os segmentos setentrionais e meridionais das Serranias da Ilha. As variações mostram-se presentes, em graus de intensidades distintos, nos três tipos de subcompartimentos associados as Serranias. Nos setores a sul a calha granítica é marcada por frequentes quebras súbitas. Os supracitados desníveis apresentam-se tanto de múltiplas quebras semi-verticais com desníveis verticais diminutos (<50cm) distribuídas de maneira descontínua no fundo dos leitos rochosos por onde escoam as águas, quanto ligados a quebras topográficas locais de até cinco metros, que formam pequenas quedas de água ao longo do curso dos rios. No norte das Serranias as mencionadas quebras das calhas são mais raras, predominando transições suaves e inflexões pouco bruscas nos segmentos internos de cada um dos subcompartimentos serranos.

Coberturas superficiais e aspectos morfológicos dos costões

Os costões da Ilha do Cardoso apresentam significativa heterogeneidade entre si quando se considera a litologia, granulometria média, forma, e texturas prevalentes dos depósitos de blocos rochosos (tabela 5 e figuras 13 e 14) sobrepostos a eles. A direção e intensidade de arrebentação das ondas mostra-se, ainda, distinta em cada um dos costões elencados (tabela 5).

Nota-se que a granulometria média (tabela 5) dos depósitos de blocos rochosos varia significativamente, atingindo maiores valores nos segmentos compostos por associação de rochas graníticas e expostos à influência morfodinâmica do mar aberto (sul da Ilha). Os setores das Serranias de litologia metamórfica alcançados pelas águas circundantes apresentam uma granulometria média significativamente menor (tabela 5).

O Costão de Itacuruça (leste da Ilha)

inclui-se entre os expostos a incidências de ondas constantemente, e é o único que associa-se simultaneamente aos dois tipos principais de unidades litológicas supracitados (figura 14). Ele apresenta um segmento pautado por predomínio de mica-xistos, e outro pautado por alternância de granitos e quartzitos. No segmento de granitos e quartzitos prevalecem blocos de elevada (>60 cm) granulometria, e praticamente não é possível visualizar o assoalho rochoso *in situ* sobre o qual o empilhamento de blocos se dispõe. No segmento de mica-xistos, mostram-se raros blocos rochosos maiores do que 20 cm. As rochas *in situ* encontram-se a mostra ao longo dos sopés deste segmento do costão associado a mica-xistos, sendo pontualmente recobertas por delgada cobertura sedimentar arenosa que dificilmente excede 30 centímetros de espessura, e múltiplos pequenos fragmentos rochosos – com granulometria média inferior a 10 centímetros, e cujas espessuras são usualmente menores do que 2 centímetros (figura 14B).

Figura 13: Composição ilustrando detalhes das plataformas associadas a: A - costão granítico exposto ao mar aberto (Costão do Marujá), B - costão de xistos exposto as condições lagunares, Morro do Pereirinha

Figura 14: A: plataforma rochosa do Costão de Itacuruça, em trecho de afloramento das Rochas Metamórficas Miscigenadas (mica-quartzo xistos e quartzo-mica xistos), B: fragmentos esparsos de rochas espalhados sobre as plataformas rochosas retratadas em “A”, C: detalhe da plataforma rochosa de “A”, com visada tomada paralela (W-E) aos lineamentos dos xistos e perpendicular a direção predominante de arrebentação das ondas, ressaltando como o trabalho do mar destaca referida feição petrográfica na forma de ressaltos laminares cujos eixos mais longos se alinham a direção W-E, D: limite norte do costão, onde afloramentos de Rochas Metamórficas Miscigenadas mostram-se menos salientes e dividem lugar com depósitos esparsos de areia, E: limite do trecho do costão caracterizado pelo predomínio das Rochas Metamórficas Miscigenadas em primeiro plano, e trecho caracterizado por rochas graníticas e quartzitos em segundo plano, F: depósitos de fragmentos rochosos vinculados ao trecho do costão vinculado a granitos e quartzitos, G: detalhe dos depósitos de blocos do trecho do costão caracterizado pelo predomínio de granitos

e quartzitos, ressaltando-se múltiplas fraturas de parte dos blocos rochosos, e afloramento rochoso e fragmentos rochosos espalhados em meio a encosta ao fundo. Sobre a pilha de blocos em primeiro plano em F e G observa-se uma cópia do Marco do Tratado de Tordesilhas, deixado no mesmo local onde antes situava-se o marco original deixado pelos colonizadores portugueses. H: detalhe de feições laminares formadas pela ação do mar realçando os lineamentos dos xistos locais.

Tabela 5 - Atributos de Segmentos de Serranias Expostos a Ação das Águas Circundantes

Nome do costão, e condições morfodinâmicas predominantes	Litologia	Granulometria Média	<i>Maximum Particule Size</i>	<i>Grau de Arredondamento Predominante</i>
Costão do Pereirinha (exposto a condições lagunares)	Mica-quartzo xistos, Quartzo-mica xistos	3 cm	70 cm rente ao Morro, com blocos mais afastados atingindo 125 cm	Subarredondado
Costão de Itacuruça (exposto a Barra de Cananéia, condições de mar aberto, e arrebenção das ondas predominantemente ligados a direção W-E)	Mica-quartzo xistos, Quartzo-mica xistos, granitos, quartzitos	5 cm nos segmentos metamórficos, 74 cm nos segmentos de graníticos e quartzitos	10 cm nos segmentos metamórficos, 305 cm nos graníticos e quartzíticos	Subarredondado ou arredondado nos segmentos metamórficos, subarredondado nos graníticos basais e subangular nos blocos mais elevados
Costão do Marujá (exposto a condições de mar aberto, com direção de arrebenção predominante ligada a direção SE-NW)	Granitos	50 cm	200 cm	Subarredondado, subangular nos blocos mais elevados
Costão de Foles (exposto a condições de mar aberto, com direção de arrebenção predominantemente ligada a direção SE-NW)	Granitos	65 cm	240 cm	Subarredondado, subangular nos blocos mais elevados

Os formatos e padrões texturais dos blocos também são significativamente diversos nos segmentos dos costões vinculados as diferentes litologia locais. Nos segmentos graníticos e quartzíticos voltados para mar aberto predominam formatos esféricos ou semi-esféricos, e diversidade textural - com grau maior de arredondamento nos blocos (tabela 5) atingidos continuamente pelas ondas. Nos segmentos metamórficos voltados para as áreas de influências lagunares predominantes os blocos assumem formatos próximos do retangular, e textura mais homogênea. Caracterizam-se por reduzido (tabela 5) grau de arredondamento, mesmo nos segmentos expostos continuamente a ação das águas circundantes

Desigual também é o assoalho rochoso sobre os quais os blocos se depositam. Alguns, sobretudo nos segmentos associados a predominância de litologias metamórficas como os mica-quartzo xistos, mostram-se na forma de plataformas rochosas de inclinações suavizadas (inferiores a 5 graus), nivelados com o nível de

aplainamento de 0-1 metros previamente mencionado. Realçando-se a plataforma rochosa do Costão do Itacuruça, que se estende por mais de dez metros de declives suaves nivelada com o nível de aplainamento de 0-1 metros, sendo antecedida por segmentos rochosos de declives mais salientes (superiores a 30 graus). Os segmentos graníticos dos trechos pontuais em que é possível visualizar os assoalhos rochosos mostram-se usualmente com inclinações maiores (próximos a 20 graus) mesmo nos segmentos adjacentes ao limite com a linha de arrebenção das ondas, ainda que em alguns deles (como no Costão do Cambriu) hajam também plataformas rochosas semi-aplainadas dispostas cerca de 5 metros acima do nível relativo do mar.

Em ambos os segmentos (graníticos / quartzíticos ou metamórficos) é possível visualizar padrões de fraturas sobrepostas, ainda que eles estejam particularmente mais visíveis e facilmente identificáveis nos segmentos graníticos. Nos assoalhos metamórficos é possível, ainda, identificar feições ligadas à deformação dúctil

como dobras.

Os declives dos assoalhos rochosos graníticos encontram-se próximos da direção de mergulho das fraturas ali identificadas, enquanto nos segmentos metamórficos não nota-se correlação semelhante. No Costão do Marujá, por exemplo, foram identificados dois conjuntos de fraturas através de 40 medidas com bússola Brunton, sendo eles quase perpendiculares entre si. Apresentam direções médias de 88 NE e 10 NW, ambos com mergulhos de intensidade de 70 graus voltados para SE e NE respectivamente. Corresponde, assim, em parte ao mesmo sentido de caimento da declividade do assoalho granítico exposto ali, ainda que este apresente intensidade de mergulho diferenciada (valores médios de 19 graus) do que os associados as fraturas.

Nos segmentos de rochas metamórficas observam-se realçadas ainda peculiares feições geomórficas de detalhe (figuras 13B e 14A, 14B, 14H e 15). Destacam-se formas assemelhadas a

Figura 15 – destaque para feições rochosas então recém-expostas pela ação da erosão marinha nas planícies locais, dispostas em formatos assemelhados a lâminas cujos eixos maiores se alinham a direção W-E. Observar a presença de múltiplas pequenas depressões semi-esféricas em meio ao afloramento. Fonte: foto tirada pelo primeiro autor, em trabalho de campo de 2013.

Lâminas rochosas com alturas entre 0,2 a até 1,7 m (figuras 13 e 14C) que se erguem em meio às plataformas rochosas submersas, dispostos em alinhamentos (média de N85E) semelhantes aos das foliações registradas em análises microscópicas nas amostras de rocha dali retiradas (figura 3C). Nas plataformas rochosas laminares associadas a mica-xistos nota-se, ainda, a presença de múltiplas pequenas cavidades em formatos de elipsoides de raio de até 5 cm, e profundidade de até 6 cm (figura 14A e 14C), que se registram mesmo em plataformas rochosas então recém

(menos de 1 ano antes do momento da fotografia, conforme controle de campo) desenterradas pela ação erosiva do mar, em meio as praias arenosas locais (figura 15 e 16). Marcas semelhantes foram observadas em rochas do mesmo tipo situadas até 500 m distantes da atual linha de costa, no limite entre as Baixas Vertentes e as planícies adjacentes.

Figura 16: representação cartográfica dos recuos da linha de costa nas planícies do nordeste da Ilha nas últimas décadas, que tem contribuído para a exposição de rochas de formatos laminares como a da figura 15 em meio as praias arenosas locais. Seta e área circundada em vermelho indicam local das praias em que tais feições rochosas mostram-se mais comuns. Fonte: adaptado de Cheliz (2015), Drezza et al. (2018) e Cheliz et al. (no prelo), a partir da análise de imagens aéreas, mapeamentos de campo e imagens do Google Earth.

Discussão e integração dos dados

Os diferentes controles da gênese da estrutura superficial rochosa da Ilha do Cardoso

Consideramos que a diversidade da estrutura superficial rochosa da Ilha do Cardoso tem sua gênese influenciada pela combinação das diferentes propensões a intemperismo das unidades geológicas locais com ao menos outros três fatores: 1 – incidência de diferentes condições paleoambientais (e.g – diferentes posicionamentos

Do nível do mar) ao longo do Quaternário Tardio, 2 – oscilações nos volumes de precipitação no tempo de vigência de padrões climáticos e ambientais semelhantes aos atuais, 3 – variações espaciais entre segmentos costeiros sobre ação morfodinâmica de condições de mar aberto e de condições lagunares. O detalhamento da influência destes diferentes fatores é apresentado nos tópicos seguintes

O papel da interação entre oscilações paleoambientais e as unidades geológicas

Numa interpretação inicial dos dados, cabe destacar elementos da estrutura superficial que podem ter sua gênese remontando a processos e dinâmicas distintas das atualmente observadas (Kennedy et al. 2017). Almeida (1961), Trenhaile (2016) e Lerma et al. (2020) defendem que em ambientes litorâneos por vezes não ocorreram condições para preservação de depósitos sedimentares ligados aos processos formadores da paisagem que busca-se analisar. Almeida (1961) propõe que, nesses casos, uma alternativa possível é recorrer a análise de feições geomórficas originadas pela erosão. Nos registros da estrutura superficial das Serranias da Ilha do Cardoso, cabe neste âmbito destacar os níveis e patamares de aplainamento e semi-aplainamento. Ab`Saber (1955) aponta que usualmente a frequência e extensão em planta com que se encontra níveis de aplainamento é tão mais comum quanto mais baixa a altimetria, já que os efeitos erosivos ligadas a dissecação e retalhamento das superfícies pretéritas são associados a fragmentação e diminuição de sua extensão e continuidade original. Os níveis de aplainamento das Serranias da Ilha do Cardoso mostram-se condizentes com a supracitada observação, na medida em que alguns dos patamares aplainados mais facilmente identificáveis e melhor demarcados no terreno mostram-se localizados nos intervalos basais da altimetria das Serranias, como aqueles ligados aos intervalos entre 0-1, 3-7

e 20-60 metros.

Os conjuntos de níveis de semi-aplainamento entre as altitudes de 0 e 1 metros, e entre 3 e 7 metros podem, a princípio, serem discutidos como possíveis *wave-cut terraces* (Bird, 1953; Swirad et al. 2016; Matsumoto et al. 2017). A morfogênese dos níveis vinculados a cotas entre 0 e 1 metros pode ser discutida como ligados a dinâmica marinha atual. Já a dos vinculados as cotas entre 3 e 7 metros podem ser discutidos como correlacionáveis ao ponto máximo de elevação do mar ao longo do Holoceno na costa brasileira, que de acordo com Ab`Saber (2000) e Ângulo et al. (2006) incluiu ascensão dos níveis dos mares em até 5 metros acima do nível atual do mar entre 4 mil e 5 mil anos antes do presente. De fato, datação C14 (~4000 anos antes do presente) obtida por Figuti (2004) a partir de conchas de sambaqui situado sobre nível semi-aplainado situado 4 metros acima do nível do mar nas abas do Morro do Pereirinha é compatível com a sugestão de que tal feição de relevo de detalhe pode ter se formada correlata ao máximo marinho holocênico. Ainda que concordemos com o apontamento de Ângulo et al. (2006) de que sambaquis não necessariamente indicam o posicionamento de paleoníveis marinhos, a associação entre a supracitada datação e seu contexto geomorfológico permite inferir, ao menos, que o nível semi-aplainado sobre o qual o sambaqui se assenta é anterior a idade do próprio depósito de conchas, de maneira que a correlação da feição morfológica com o máximo marinho holocênico não pode ser descartada, e pode ser investigada futuramente em maior profundidade.

A ausência de outros depósitos datáveis sobrepostos aos demais níveis de aplainamento rochosos correlatos a cota de 3-7 metros dificulta, porém, o aprofundamento da discussão da possível correlação destas feições morfológicas com o supracitado máximo marinho holocênico. Faria (2018), inclusive sugere cautela ao se ponderar a gênese de feições de relevo como as elencadas (pequenos níveis semi-aplainados de plataformas rochosas de sopés serranos atingidos pelas águas marítimas). O referido autor, a partir de um estudo de detalhes de costas rochosas do estado do Rio de Janeiro, elenca restrições a concepção de que a ação do mar seria capaz de impor formas similares a *wave-cut terraces* em rochas pouco alteradas do litoral sudeste brasileiro. Embasa suas observações em mediações com as ponderações de Sanders (1968) sobre o que considera como elevada resistência dessas rochas diante do trabalho do mar, e o que descreve como menor intensidade da ação morfodinâmica

marítima no litoral sudeste brasileiro e de faixas tropicais em geral (tidas por ele como caracterizadas por tempestades menos frequentes, e ondas menores do que as zonas costeiras de faixas temperadas). Swirad et al. (2017), igualmente, propõe restrições semelhantes, ao propor a ideia de que a ação do mar promoveria nas costas rochosas uma “erosão seletiva”, onde rochas consideradas duras em muitos contextos seriam pouco impactadas pela ação marítima.

Sanders (1958) inclusive propõe que feições rochosas assemelhadas a níveis semi-aplainados sobre-elevados alguns metros em relação ao atual nível do mar podem ser explicadas por planos de fraturas das rochas (em especial, caracterizados por direções perpendiculares entre si, de maneira que um deles seja próximo do subhorizontal) serem ampliadas ao longo do tempo pela ação da desnudação, fazendo com que segmentos das rochas possam se desprender do restante do afloramento. De maneira semelhante, Swirad et al. (2019) e Varley (2019) destacam a ação do mar em fraturas e descontinuidade dos afloramentos rochosos. Cheliz (2015) ao ponderar a gênese das plataformas rochosas inclinadas do costão do Marujá, no sul da Ilha do Cardoso, adota considerações semelhantes, sendo que Faria (2018) aponta que tais mecanismos seriam capazes de originar superfícies rochosas subhorizontais, semelhantes as vinculadas as formas de relevo dos níveis de aplainamento entre 3 e 7 metros na Ilha do Cardoso. Particularmente no Costão do Cambriu (figura 9A) as fraturas locais apresentam direção e sentido de mergulhos similares aos quais dispõe-se os níveis subhorizontais instalados sobre tais rochas, fortalecendo tal proposta interpretativa de sua gênese.

Uma contribuição que consideramos relevante para as referidas discussões morfogenéticas elencadas por Faria (2018) trata-se de levar em consideração também a caracterização petrográfica das rochas aflorantes em tais costões para mensurar a resistência delas ao trabalho do mar. De maneira a verificar se algumas delas podem ser significativamente mais vulneráveis a processos de intemperismo costeiro do que outros – mesmo quando por vezes associados a uma mesma unidade litoestratigráfica. Ressaltando-se que a oposição usualmente feita entre “rochas duras” e “rochas moles” (Del Rio et al. 2020) para classificar a resistência das rochas aos processos de intemperismo pode, por vezes, contribuir para ocultar diferenças significativas de resistência dentro de cada um destes subconjuntos, ou mesmo dentro da mesma unidade litológica.

De fato, Dorr (1969) demonstrou que na área por ele estudada a mesma unidade litológica (quartzitos) se associava tanto aos mais altos divisores interfluviais, quanto aos mais profundos fundos de vale, e que variações minoritárias (mudanças na composição mineralógica inferiores a 30% do total de minerais dos supracitados quartzitos) na caracterização petrográfica eram as responsáveis por em alguns segmentos a citada unidade litológica apresentar a maior resistência a desnudação local e sustentar os topos das serras, e em outros ser a que apresentava a menor resistência e vincular-se aos fundos de vale. De maneira similar, Almeida (1958 e 1961) em estudos nas ilhas oceânicas brasileiras demonstrou como unidades litológicas associadas a distintas caracterizações petrográficas apresentavam formas de relevo significativamente heterogêneas entre si, mesmo quando expostos ao mesmo tipo de ação morfodinâmica marinha. Igualmente, Trenhaile (2016) e Swirad et al. (2017) destacam a importância da caracterização detalhada das unidades geológicas para a compreensão da gênese das formas de relevo de detalhe de costas rochosas. Matsumoto et al. (2017) lembra, ainda, que existem abordagens que buscam determinar a discussão sobre transformações de plataformas rochosas litorâneas apenas com base na caracterização de variações da maré, mas que considera tal enfoque pouco adequado, na medida que as diferentes resistências das rochas também teriam uma contribuição relevante.

No caso da Ilha do Cardoso, a caracterização petrográfica das rochas do embasamento pode ser útil, por exemplo, para discutir os heterogêneos padrões de associação entre níveis de aplainamento de 0-1 e 4-7 metros com as principais unidades geológicas locais. Referida distinção pode ter contribuição dos segmentos vinculados a Rochas Metamórficas Miscigenadas serem caracterizados por associações minerais (tabela 1) tidas como mais vulneráveis aos tipos de intemperismo atuantes em faixas litorâneas subtropicais como a Ilha do Cardoso (Castro e Cooper, 2019), sobretudo nos segmentos sob ataque direto do mar. De maneira que, de um lado, a mais rápida desagregação das rochas metamórficas do que as dos segmentos de Granitos Diversificados parece favorecer a formação mais rápida de níveis de aplainamento entre 0-1 metros no primeiro conjunto de rochas, pois elas teriam uma maior contribuição do nível do mar atual. De outro lado, a mesma maior facilidade de desagregação favorece com que níveis de aplainamento de gênese possivelmente mais antigos (como os vinculados nas cotas entre 3 e 7 metros) sejam mais rapidamente

desagregados quando vinculados as Rochas Metamórficas Miscigenadas locais do que quando vinculados aos Granitos Diversificados, o que ajudaria a explicar os citados níveis serem mais comuns de serem observados associados ao segundo conjunto de rochas citadas.

Os níveis de aplainamento das serranias da Ilha registrados entre 20 e 60 metros, por sua vez, podem ser discutidos de serem associados a patamares aplainados de altimetrias semelhantes documentados em outros setores da costa paulista por Freitas (1947 e 1951), Ab'Saber (1955) e Silveira (1950). Mostram-se semelhantes, ainda, a níveis aplainados em similares cotas topográficas identificados por Bigarella (2001) no litoral do Paraná. Níveis dispersos de aplainamento em meio as Medias Vertentes entre 200 e 300 metros encontram-se próximos as altimetrias que marcam a cumeada da adjacente Ilha do Bom Abrigo (disposta poucos quilômetros a sudeste da Ilha do Cardoso), apontada por Almeida (1953) como correlata aos nivelamentos da Ilha de São Vicente e Santo Amaro, na Baixada Santista. Convindo recordar que Ab'Saber (1955) sugere níveis de aplainamento em tais patamares topográficos como correlacionais a superfície de 220 metros descritas por Maack (1947) no litoral paranaense. Os restritos níveis de aplainamento mais elevados no topo das Serranias locais (~700-720 m) podem ser discutidos de serem vinculados com a superfície que nivela cumeadas da Serra do Mar próximo aos 800 metros em segmentos onde encontra-se mais próxima da linha de costa, como na Baixada Santista ou Litoral Norte de São Paulo (Ab'Saber, 1956).

A contribuição de oscilações inter-anuais e intra- anuais das precipitação e do escoamento superficial

Num segundo enfoque da discussão dos dados levantados no presente trabalho, cabe lembrar apontamentos como os de Schum e Chorley (1966) que, ao pesquisarem sobre o recuo de escarpas no planalto do Colorado, apontam a gênese de tais formas não dependentes necessariamente de processos vinculados a configurações climáticas, ambientais ou geomorfológicas anteriores as atualmente predominantes. Sugerem que o prolongamento do ritmos e intensidade de atuação de um conjunto de processos semelhantes aos atuais seria uma possibilidade explicativa para a gênese das feições de relevo por eles estudados. No caso de áreas litorâneas, Swirad et al. (2019) adota considerações semelhantes, a partir de estudos de detalhe sobre o efeito da ação de agentes

exôgenos atuais sobre costas rochosas, e reflexões sobre efeitos do prolongamento em tempos mais amplos destes processos atualmente vigentes.

Neste âmbito podemos discutir elementos da estrutura superficial da Ilha que, por razões expostas a seguir, acreditamos poderem terem contribuição em sua gênese da repetição prolongada no passado de processos atuantes no presente. Podemos apontar um subconjunto de feições da estrutura superficial em que a influência marítima se faz de maneira indireta, pela atuação do nível relativo do mar como regulador do nível de base local para movimentos de massa nas serranias interiores. Nestes subconjunto, agentes hídricos tais como o escoamento superficial e rios perenes teriam significativa importância na formação da estrutura superficial da paisagem rochosa local. Torna-se possível delimitar, também, um segundo subconjunto de registros em que a influência marítima se faz diretamente, correspondente aos segmentos das Serranias (costões rochosos) atingidos diretamente pelas águas oceânicas.

Referente ao primeiro subconjunto elencado, ressaltam-se os conjuntos de feições morfológicas de detalhe e depósitos de blocos dos fundos de vale das diversas subunidades de relevo interiores das Serranias. Eles guardam semelhanças com feições da estrutura superficial da paisagem similares descritos por Cruz (1974) em escarpas do litoral norte paulista. Cruz (1974) aponta que a capacidade erosiva dos cursos d'água nas cabeceiras de serranias rochosas em grande parte depende da declividade das vertentes, que no caso da Ilha do Cardoso mostram-se mais íngremes nas Altas Vertentes, intermediárias nas Médias Vertentes e relativamente reduzidas nas Baixas Vertentes da Ilha. Destaca, ainda, a ligação entre os canais fluviais e os escoamentos das águas pluviais que a eles chegam, onde os canais ao fundo dos talwegues correspondem a níveis de base do escoamento pluvial que flui pelas vertentes.

Tricart (1961) aponta de maneira similar que existe um limite determinado pelos declives onde o escoamento concentrado se manifesta, através de um expressivo aumento de densidade dos talwegues essenciais. Cruz (1974) ao considerar as observações de Tricart (1961 e 1977) aplicadas ao litoral norte de São Paulo lembra, também, que haveriam segmentos das escarpas rochosas do litoral norte de São Paulo com características da estrutura superficial tais que indicariam que a erosão seria predominante e que teriam o papel dominante de emissores de energia

e materiais, e outras áreas em que a sedimentação prevaleceria e que cumpririam o papel de receptores. Riffel et al. (2016) e Louzeiro et al. (2019) adotam observações semelhantes às de Cruz (1974), considerando que tais padrões seriam recorrentes em zonas escarpadas afetadas por movimentos de massa. Na Serrania da Ilha do Cardoso, de fato, notamos características da estrutura superficial das Altas Vertentes (combinações entre mais elevados declives das vertentes, maiores altitudes, ausência de depósitos nos fundos de vale por onde escoam a drenagem) semelhantes com os atributos tomados por Cruz (1974) para identificar o predomínio da erosão, e nas Baixas Vertentes atributos semelhantes (tais como combinações de menores declives as vertentes, menores altitudes e presença abundante de depósitos de blocos nos fundos de vale por onde escoam a drenagem) aos usados pela mesma autora para identificar o predomínio da sedimentação.

A concentração de níveis pluviométricos mais intensos nos meses de verão (figura 8) na Ilha do Cardoso reforça distinções no papel desempenhado pelas unidades de relevo no fluxo de matéria ao longo das Serras da Ilha (figura 7). Os valores pluviométricos podem no verão serem entre duas e quatro vezes superiores do que em outras estações do ano, e nos anos de chuva mais intensas podem ultrapassar 600 milímetros de pluviosidade mensal (figura 8). Os intervalos de níveis pluviométricos mais elevados supracitados apresentam significativa contribuição potencial para a saturação das coberturas de alteração, diminuição de sua resistência mecânica, ampliação da circulação de água em profundidade no limite de contato entre rochas e coberturas regolíticas associadas, bem como por entre fraturas do embasamento rochoso – tal como descrito por Cruz (1974) e Behling et al. (2020). Realçando, assim, o componente paralelo da ação erosiva (Tricart, 1977). Rompidos os limites da resistência mecânica das coberturas de alteração ou superado a resistência ao cisalhamento do contato entre o embasamento rochoso e o manto pedogenético, setores amplos dos altos das encostas (Altas Vertentes) se tornariam instáveis e iniciariam brusco deslocamento. Abrangendo fluxos diversos de movimentos de massa, tais como corridas de lama ou transporte em avalanche (Nicohls, 2001; Riffel et al. 2016; Louzeiro et al. 2019).

Os registros da estrutura superficial ligados as Baixas Vertentes da Ilha do Cardoso mostram-se, por sua vez, semelhantes aos apontados por Cruz (1974) como ligados ao

esgotamento do gradiente energético capaz de transportar amplas massas de blocos rochosos nos movimentos de massa originados das Altas e Médias Vertentes (Tricart, 1977) da Ilha. Estariam vinculados a transição de uma prevalência mista de condições de transporte e sedimentação vinculadas as Médias Vertentes, para outra em que a deposição predomina. Ante a aproximação do nível de base local, as massas remobilizadas desde os altos picos serranos não encontrariam mais assoalhos adequados para continuarem seu deslocamento. A energia cinética acumulada por centenas de metros de transporte das massas rochosas em profusão se converteria em colisões com os pouco íngremes leitos das Baixas Vertentes. O choque teria intensidade tal que abriria as fissuras em meio às próprias calhas rochosas dos canais registradas nos segmentos das Baixas Vertentes adjacentes aos limites com as Médias Vertentes, e dissecaria bordos adjacentes na forma dos cortes abruptos que atualmente delimitam parte dos canais dos fundos de vale nas citadas zonas limítrofes (figura 11B).

Cruz (1974) lembra, ainda, que em áreas escarpadas tropicais uma parte destes materiais remobilizados após o desprendimento do assoalho rochoso e deslocamento inicial podem ser gradualmente novamente transportados por seguidos novos episódios de remobilização, sobretudo por corridas de lama e avalanche, com tendência a concentrá-los nos canais maiores nos fundos de vale. Os múltiplos agentes citados seriam em conjunto responsáveis pelo transporte de material das Altas Vertentes até os vales dos sopés das Serras, nas Médias e Baixas Vertentes. Com gradual diminuição da declividade dos assoalhos das calhas dos canais conforme se decresce altimetria, cada vez mais porcentuais maiores da energia dos fluxos se dissiparia por atrito. Diminuiria-se progressivamente, assim, a capacidade de transporte conforme os fluxos de energia e matéria se aproximassem das cotas topográficas mais rebaixadas das Serras. Tais apontamentos parecem contribuir para explicar, nas Serras da Ilha do Cardoso, a diminuição da granulometria média dos depósitos de blocos rochosos de fundo de vale conforme se decresce a altimetria em que situam-se (tabelas 3 e 4). Na mesma linha de raciocínio, as variações nos parâmetros granulométricos e texturais dos depósitos de blocos registrados permitem a interpretação de que os blocos situados em níveis altimétricos menores foram transportados por uma distância e tempos maiores do que os vinculados altimetrias mais elevadas. Observa-se, ainda, que pela variação da granulometria média e do *maximum particle size*, clastos situados em

altimetria mais elevados foram depositados por processos então com maior grau de energia do que no momento da deposição dos clastos em menores altimetrias.

A ausência de presença significativa de depósitos de blocos e outros atributos descritos associados aos fundos de vales das Altas Vertentes, por sua vez, pode ser ponderada pela perspectiva de que este subcompartimento de relevo serrano contribuiria como fornecedor de fluxos de materiais para os demais, sendo correlacionado as áreas descritas por Tricart (1977) como ligadas ao predomínio da erosão sobre a sedimentação.

Cabe considerar, ainda, que os conjuntos de processos previamente apontados se sobrepõem a dois conjuntos litológicos bastante diversos entre si, vinculados a diversas feições de detalhe dos leitos dos canais e dos fragmentos rochosos dispostos sobre eles. As associações de minerais (tabela 1) dos granitos e sienitos predominantes no segmento sul das Serras mostram-se com uma mais elevada resistência as modalidades de intemperismo químico atuantes no local (Castro e Cooper, 2019) do que das unidades litológicas do norte das serras, favorecendo com que se preservem rupturas e fragmentações criadas pelos choques dos blocos rochosos entre si concomitantes a sua remobilização nos movimentos de massa locais. Simultaneamente, contribuem para desfavorecer que, após sua deposição, os blocos de Granitos Diversificados sejam transformados pela ação do intemperismo com a mesma facilidade que os blocos de Rochas Metamórficas Miscigenadas. De maneira que supracitadas heterogeneidades podem ter uma contribuição para a maior granulometria média dos depósitos de fundos de vale de clastos associados a Granitos Diversificados, e para os blocos de granitos apresentarem mais frequentemente bordos caracterizados por quinas de ângulos obtusos.

As diferenças nas feições geomórficas de detalhe associada aos fundos de vale fluviais das Serras podem ser discutidas também através da interface de processos semelhantes atuando em arcabouços rochosos distintos. A menor resistência física e química (Castro e Cooper, 2019) dos minerais predominantes nas rochas metamórficas locais, em especial nos mica-xistos (tabela 1), as tornam mais suscetíveis a ação de desgaste do intemperismo atuante no local. Sobretudo ao considerarmos aqueles processos de intemperismo aos quais encontram-se com mais frequência expostos, como os ligados ao choque de sedimentos por águas fluviais e pluviais, ou as

reações químicas decorrentes do calor e umidade abundantes do local. Com isso, apresentam-se também propensas a serem mais rapidamente afetadas por processos de mamelonização (Ab`Saber, 1956) de relevo.

Desta maneira, os declives elevados deixados no leito do terreno associados a ação de grandes episódios de movimentos de massa seriam suavizados pela ação do intemperismo ligado as águas correntes mais rapidamente nos segmentos nortistas (vinculados aos xistos) das Serras do que nos segmentos graníticos do sul. Segmentos de rochas ígneas sulistas da Ilha, por sua vez, conservariam as quebras no relevo efetuados por mencionados movimentos mais longamente, o que pode ter contribuído para a mais frequente presença de quedas d'água e quebras semi-verticais nas calhas pluviais de fundo de vale no segmento sul das serras.

A influência das ações morfodinâmicas lagunares e oceânicas

Referente ao segundo subconjunto (costões rochosos e coberturas de blocos rochosos sob ação direta das águas circundantes a ilha) de feições da estrutura superficial ligadas a processos atuais e subatuais, os padrões dominantes destes assoalhos locais encontram semelhança com os descritos como típicos por Bird (1968) para *cliffed coasts*. Seus registros sedimentares de depósitos de blocos, mesmo em sua diversidade, podem ser interpretados predominantemente como depósitos de queda de blocos (Nichols, 2000; Montoya-Montes et al. 2019), decorrentes da ação marítima (particularmente de choques intensos de ondas carreando sedimentos, sobretudo aqueles envolvendo ondas de maior energia vinculadas a eventos de tempestades) nos afloramentos rochosos expostos nos costões. Mostrando-se esta interpretação genética semelhante a realizada por Duperret et al. (2017) e Pepe et al. (2018) ao analisar depósitos de clastos associados as costas rochosas do nordeste da França e da Sicília, na Itália, respectivamente. Podendo terem, ainda, contribuição de fraturamento do assoalho rochoso para favorecer sua fragmentação, com semelhanças ao apontado por Faria (2018).

A tendência de arredondamento de arestas dos blocos rochosos pela ação de arrebentação marinha constante apontada por Krumbein (1941) e Faria (2018) no caso da Ilha do Cardoso se sobrepõem as distintas composições e arranjos mineralógicas dos principais conjuntos litológicos locais. Levando a ocorrer no local a interação de processos morfodinâmicos semelhantes com heterogêneas resistências a desnudação das

distintas unidades geológicas locais, a semelhança do registrado por Moura et al. (2020) na costa rochosa do litoral sul de Portugal.

A maior resistência das associações de minerais (tabela 1) vinculadas as rochas graníticas locais a processos de desagregação e intemperismo (Castro e Cooper, 2019) decorrentes da ação marítima constante contribui para que permaneçam mais longamente sob ação das águas, o que auxilia a explicar o maior grau de arredondamento dos depósitos de blocos associados a rochas graníticas. No norte da Ilha a menor resistência das associações de minerais das litologias das rochas metamórficas miscigenadas (tabela 1) inibe tal dinâmica, na medida que aparentemente os fragmentos rochosos maiores tendem a se desagregarem mais rapidamente em sedimentos menores.

Similarmente, a maior granulometria dos depósitos de blocos rochosos apresentada nos costões graníticos voltados para a fachada oceânica pode ter contribuição de explicação similar. A maior resistência dos blocos de granitos aos processos de intemperismo locais faria com que fossem mais dificilmente alterados e fragmentados em sedimentos de menores dimensões após sua deposição por queda, enquanto os blocos metamórficos são desagregados em sedimentos de menores dimensões com maior velocidade. Em especial, pelos padrões de foliação dos xistos locais (tabela 1 e figura 5) configurarem alinhamentos de fraqueza que seriam evidenciados pelo desgaste imposto pela ação marítima, e levariam a uma mais rápida fragmentação dos blocos rochosos maiores em clastos menores. Permitindo, assim, somar considerações referentes as condições de preservações dos materiais das quedas de blocos, em adição as discussões sobre a influência das unidades rochosas litorâneas na suscetibilidade a ocorrência destas quedas feitas por Montoya-Montes et al. (2019). Uma vez que, como recorda Furlani (2017), a preservação e longevidade das costas rochosas pode ter uma contribuição da combinação entre a intensidade da energia das águas circundantes e dos tipos de materiais litológicos das mesmas. De maneira que deve-se ter cautela ao tomar a ausência ou menor quantidade de fragmentos rochosos de maiores dimensões nos sopés de costões metamórficos locais atingidas pelo mar como uma evidência de que mostram-se menos suscetíveis a ocorrência de tais processos do que outros segmentos (costões graníticos locais) em que tais fragmentos são mais abundantes ou maiores.

A interação da desnudação ligada a influência marítima e os referidos padrões de foliação teriam contribuição, ainda, para a imposição de feições geomórficas de detalhes peculiares nos afloramentos situados sob ataque direto da ação marinha, tais como as feições assemelhadas a formas de lâminas rochosas semi-verticais (figura 12, 13B, 13C e 15). A supracitada interpretação foi tomada com base na observação de que as citadas formas de relevo de detalhe apresentam direções e mergulhos semelhantes aos padrões de foliações metamórficas em questão (tabela 1), e somente foram encontradas nos segmentos adjacentes a linha de arrebenção marinha atual. As diferentes resistências à desagregação e intemperismo das distintas unidades litológicas da Ilha do Cardoso teriam contribuição também para o menor arredondamento (Nichols, 2000) observado nos blocos maiores em segmentos metamórficos dos costões, bem como auxiliariam a explicar o reduzido *maximum particule size* dos blocos de mica-xistos dos costões da Ilha, quando comparados aos blocos vinculados as litologias graníticas.

As supracitadas interpretações mostram-se particularmente respaldadas pelos dados recolhidos em meio ao Costão de Itacuruça (tabela 5), na medida que este é o único costão da Ilha que apresenta afloramentos dos dois principais conjuntos de unidades litológicas das Serranias expostas simultaneamente as mesmas condições morfodinâmicas marinhas. No supracitado costão notamos os diferentes padrões previamente mencionados ligados aos depósitos vinculados a rochas graníticas e quartzosas diversificadas (maior quantidade de blocos, caracterizados por dimensões maiores, melhor arredondados, e de formatos mais próximos do esférico) e a rochas metamórficas miscigenadas (blocos caracterizados por dimensões menores, menos arredondados e de formatos mais distantes do esférico e próximos do oblato) situados adjacentes entre si, e apresentando distribuição espacial rigidamente sobreposta as faixas de afloramentos de cada unidade litológica. Roig-Munar et al. (2019) chegou a correlacionar fragmentos rochosos de dimensões similares aos do costão granítico local com trabalhos do mar em condições diferentes das atualmente predominantes, mas no caso estudado por ele os blocos situavam-se em posicionamento altimétrico mais de 10 metros acima da linha de costa atual.

Consideramos, desta maneira, que a diferença entre os depósitos de fragmentos rochosos no Costão de Itacuruça evidenciaria a

contribuição de um mesmo conjunto de processos morfodinâmicos predominantes atuando sobre duas unidades litológicas do embasamento caracterizadas por distintas composições e arranjos mineralógicos. Ilustrando, assim, algumas das considerações de Trendale (2016) sobre processos deposicionais em costas litologicamente variadas, bem como alguns dos apontamentos similares de Almeida (1953 e 1958). As feições morfológicas do Costão do Itacuruça (de declives brandos no segmento de Rochas Metamórficas Miscigenadas, e de declives maiores nos segmentos de rochas graníticas) mostram-se, ainda, pouco condizente com as observações de Swirad et al. (2016) de que a exposição de rochas menos resistentes ao trabalho do mar contribuiria para o desenvolvimento de plataformas rochosas de declives maiores.

As feições centimétricas semi-esféricas observadas em diversos afloramentos de mica-xistos no Costão de Itacuruça e em afloramentos pontuais (figura 14) em meio a praias próximas mostram semelhança com as descritas por Bigarella (2001) no litoral do Paraná. O supracitado autor associou tais pequenas depressões a ação de ouriços marinhos. Caso admita-se interpretação similar para as feições semelhantes observadas na Ilha do Cardoso, isto contribuiria para sugerir que a recente exposição de afloramentos rochosos (figuras 14 e 15) em meio as praias arenosas locais não se trata da primeira vez que tais feições rochosas foram trabalhadas pela ação direta do mar. De maneira semelhante, a presença de feições similares em segmentos dos sopés serranos locais distantes (~500 m) da atual linha de costa permite traçar sugestões para posicionamentos da linha de costa local diferente da atual em tempos, relativamente, recentes, possivelmente ligados ao Holoceno. Uma vez que, devido a previamente citada menor resistência ao intemperismo dos mica-xistos onde tais depressões são encontradas, as feições em questão teriam sido há muito suavizadas e anuladas caso sua origem fosse ligado a posicionamentos da linha de costa significativamente mais antigos.

Considerações finais

Ainda que a área total apresentada pela zona costeira rochosa da Ilha do Cardoso seja relativamente diminuta, foi possível caracterizar nela um conjunto relativamente diversificado de padrões da estrutura superficial da paisagem. Elencou-se nove tipos de combinações principais de padrões litológicos e processos exógenos locais:

- 1) feições morfológicas e depósitos de blocos associados a segmentos de Rochas Metamórficas miscigenadas expostas a ação atual de águas lagunares, 2) feições morfológicas e depósitos de blocos associados a segmentos de Rochas Metamórficas Miscigenadas expostas a influência direta dos processos costeiros vinculados a condições de mar aberto, 3) feições morfológicas e depósitos de blocos associados a segmentos de rochas graníticas diversificadas expostas a influência direta dos processos costeiros de mar aberto, 4) feições morfológicas e depósitos de blocos de fundos de vale associados a segmentos do embasamento expostos em serranias interiores de baixas e médias vertentes de Rochas Metamórficas Miscigenadas, atualmente não expostas as águas circundantes 5) feições morfológicas de fundo de vale associados a altas vertentes serranas de Granitos Diversificados, atualmente não expostas as águas circundantes, 6) níveis subhorizontais de aplainamento do embasamento associados a vertentes ou topos de interflúvios, distanciados da ação atual do mar 7) níveis subhorizontais de aplainamento de Rochas Metamórficas Miscigenadas e coberturas superficiais associadas, expostos a ação direta das águas e processos lagunares, 8) níveis subhorizontais de aplainamento de rochas graníticas diversificadas e coberturas superficiais associadas, expostos a influência direta dos processos costeiros vinculados a condições de mar aberto, 9) níveis subhorizontais de aplainamento de Rochas Metamórficas Miscigenadas, adjacente a linha de costa mas não exposta a ação da arrebentação atual das águas do mar aberto.

Uma parcela significativa das referidas interfaces (1,2,3,4 e 5) são apontados como sendo compatíveis com a mediações da ação prolongada no passado de processos exógenos como os atualmente vigentes na área sobre os conjuntos litológicos locais. As distintas combinações ilustram como os mesmos litotipos do embasamento quando expostos a variações da intensidade de processos similares (como, por exemplo, no caso das Rochas Metamórficas Miscigenadas expostas a mais branda ação da arrebentação das águas lagunares do costão do Pereirinha, e as expostas a intensa arrebentação do mar aberto do costão do Itacuruça, não distantes entre si mais do que oito quilômetros), podem estar ligados a registros morfológicos e de depósitos bastante distintos. De maneira similar, demonstrou-se que litotipos distintos do próprio embasamento podem associar-se a feições morfológicas e coberturas superficiais significativamente diversificadas, mesmo quando expostos aos mesmos processos morfodinâmicos

(como apontado pelas feições do costão de Itacuruça vinculadas a diversificadas unidades litológicas do embasamento, com todas elas expostas a influência de arrebentação de ondas do mar aberto). Apontando-se, ainda, a presença de feições características dos segmentos rochosos expostos as águas marítimas circundantes (bioturbações ligadas a ação de ouriços do mar) presentes em segmentos dos sopés serranos tanto em segmentos adjacentes a atual linha de costa, quanto em outros significativamente distantes dela.

Simultaneamente, uma parcela dos padrões de interface elencados (6,9) mostram-se potencialmente vinculados a cenários de configurações geomorfológicas ligados a posicionamentos do nível de base local diferenciados do atual. Realçando discussões referentes a sugestões de correlações de níveis de semi-aplainamento registrados na Ilha com superfícies geomorfológicas do litoral sul-sudeste do Brasil elencadas pela literatura.

Registra-se a ressalva de que embora apontemos que muitos dos registros da estrutura superficial das zonas serranas da Ilha do Cardoso podem ter sua gênese ligada a repetição prolongada de processos atuais, essa sugestão não é suficiente para tecer considerações sobre idades absolutas ligadas a dimensão cronológica dos referidos depósitos. Uma vez que processos semelhantes aos atuais podem ter se prolongado ao longo do tempo por intervalos significativamente amplos, ou mesmo havendo a possibilidade de processos semelhantes aos atuais terem ocorrido no passado intercalados com a ação de processos distintos dos atualmente vigentes, ou a distintos graus de afastamento da linha de costa. De maneira similar, o apontamento de parte dos registros da estrutura superficial como ligados a configurações geomorfológicas potencialmente distintas das atuais também não é suficiente para tecer, neste momento, considerações conclusivas referentes a sua contextualização temporal. A adição no futuro de mais diversificados e numerosos dados cronológicos referentes as estruturas superficiais serranas aponta-se como tendo um significativo potencial para adensamento das discussões referentes ao estudo geomorfológico da zona costeira rochosa da Ilha do Cardoso, no que se refere a suas dimensões cronomorfológicas. Coletas e análises de amostras de Luminescência Opticamente Estimulada de coberturas superficiais vinculadas a estrutura superficial serrana já encontram-se em andamento, em parceria com o Laboratório de Luminescência do Instituto de Geociências da USP, devendo em breve trazer contribuições adicionais a referida

discussão.

Agradecimentos

O presente trabalho é resultado do trabalho de mestrado do primeiro autor, orientado pela segunda autora. Agradecemos a CAPES e CNPQ pelo apoio material a realização da presente pesquisa. Agradecemos ao Instituto Florestal e a Fundação Florestal pela autorização para realizar a pesquisa no Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Agradeço a todos os funcionários do parque e todos os moradores da Ilha pelo apoio e incentivo dado a realização das atividades de pesquisa no local. Agradeço-se a Marcos Vinicius Salsa, Rebecca Lorenzenti, Ashild Svensson, Tomaz Amorim, Aline Ribeiro, Samantha Vanessa, Marcelo Gigliotti, Viviane Araujo, Michele e Jessica Cecim pelo apoio nos trabalhos de campo.

Referências

- Ab`Saber, A.N., 1955.. Contribuição a Geomorfologia do Litoral Paulista. Rio de Janeiro, Revista Brasileira de Geografia 18.
- Ab`Saber, A.N., 1956a. Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. Tese (doutorado), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, São Paulo.
- Ab`Saber, A.N., 1956b . A terra paulista. Boletim Paulista de Geografia 23, 05-38.
- Ab`Saber, A.N., 1969. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. Geomorfologia 18
- Ab`Saber, A.N., 2000. Fundamentos da Geomorfologia Costeira do Brasil Atlântico Inter e Subtropical. Revista Brasileira de Geomorfologia 1.
- Almeida, F.F.M., 1953. Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Cubatão. Boletim do Instituto Oceanográfico 15.
- Almeida, F.F.M., 1958. Geologia e Petrografia do Arquipélago de Fernando de Noronha. Monografia XIII da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio De Janeiro.
- Almeida, F.F.M., 1961. Geologia e Petrografia da Ilha de Trindade. Monografia XVIII da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro
- Almeida, F.F.M., 1976. Continental margins of Atlantic type. Anais da Academia Brasileira de Ciências 48, 15-26
- Angulo, R.J.; Lessa, G.C.; Souza, M.C., 2006. A critical review of mid-to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian

- coastline. *Quaternary Science Reviews* 25: 486-506
- Behling, A.A.; Nummer, A.; Volpato, A.; 2020. Fatores condicionantes dos movimentos de massa no município de Agudo/RS. *Geosul* 35, 501-517. DOI :<https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n74p501>
- Bird, E., 1953. *Coastal Geomorphology: An Introduction*. 2a edição
- Bigarella, J.J., 2001. Contribuição ao Estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology Jubilee Volume (1946-2001)*, 65-110. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/babt/vjubilee/a05vjub.pdf> (acessado em 02-07-2020)
- Borotti Filho, M.A., 2013. Evolução dos manguezais do norte da Ilha do Cardoso (Cananéia - SP), desde o Pleistoceno tardio. Tese (mestrado), Universidade de São Paulo, Piracicaba
- Castro, S. S.; Cooper, M., 2019. Fundamentos de micromorfologia de solos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa
- Cheliz, P.M., 2015. Ilha do Cardoso: contribuição para a compartimentação do relevo. Tese (dissertação de mestrado), UNICAMP, Campinas
- Cheliz, P.M.; Souza, C.R.G.; Rodrigues, E.; Nunes, M.; Oliveira, R.C., 2019. Apontamentos sobre oscilações geomorfológicas e impactos ambientais na ruptura da Ilha do Cardoso, e formação de nova barra do Canal de Ararapira (Cananéia-SP). In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*
- Cheliz, P.M. Geomorphological and coastline transformations versus climate change in a continental island off the Brazilian coast. *Quaternary International*. 29p. No prelo
- Souza, C.R.G.; Cheliz, P.M.; Nascimento, E.; Pisciotto, K.; Nunes, M; Costa, R., 2019. O processo erosivo na Enseada da Baleia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Cananéia/SP): exemplo de adaptação a riscos costeiros. In: *Planejando o Futuro Hoje: ODS 13, Adaptação e Mudanças Climáticas em São Paulo*, IEE-USP
- Cotton, C.A., 1954. Deductive morphology and the genetic classification of coasts. *Scientific Monthly* 78
- Cruz, O., 1974. A serra do mar e o litoral na área de Caraguatatuba-SP: contribuição à geomorfologia litorânea tropical. Tese (doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo
- Davis, R.A., 2012. *Coastal Sedimentary Environments*. Tampa, University of South Florida
- Del Río, L.; Posanski, D.; Gracia, F.J.; Pérez-Romero, A.P., 2020. 2. A comparative approach of monitoring techniques to assess erosion processes on soft cliffs. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 79, 1797–1814. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10064-019-01680-2>
- Durperret, A.; Raimbault, C.; Duguet, T.; Le Gall, B.; Costa, S.; Vanduycke, S., 2017. Long-term rocky coast erosion: the influence of structural pattern and lithological context, as evidenced in the chalk (NW Normandy) and granitic (SW Brittany) rocks, NW France. In: 19th EGU General Assembly, EGU2017, proceedings from the conference held 23-28 April, 2017 in Vienna, Austria., p.19559. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017EGUGA..1919559D>
- Dorr, J. V. N., 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U.S. Geological Survey Professional Paper 641, 1-110
- Emery K, O.; Katsabanis, T., 1996. *Measurement of Blast Fragmentation*. Balkema, Ontário
- Faria, A.P., 2018. Dinâmica geomorfológica da costa rochosa do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 19
- Figuti, L. 2004. *Investigações Arqueológicas e Geofísicas dos sambaquis fluviais do Vale do Ribeira do Iguape, Estado de São Paulo*. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Relatório Final de Atividades do projeto Temático (Processo Fapesp no.99/12684-2)
- Freitas, R.O., 1947. *Geologia e Petrologia da Ilha de São Sebastião (Estado de São Paulo)*. - Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, - Geologia 03, São Paulo
- Furlani, S., 2017. The rocky coasts of the Mediterranean Sea: field studies. *Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime - Coastal and Maritime Mediterranean Conference*, 39-44.. DOI: [10.5150/cmcm.2017.008](https://doi.org/10.5150/cmcm.2017.008)
- Gigliotti, M., 2010. Zoneamento geoambiental da região da baixada santista-SP como subsídio ao uso e ocupação das terras. Tese (mestrado), UNICAMP, Campinas
- Gobbi, S., 2017. Caracterização do Manto Intempérico em Morros Residuais de Santos-SP: subsídios para compreensão de movimentos de massa. Tese (doutorado), UNICAMP. Campinas

- Guede, C.C.F., 2009. Evolução sedimentar quaternária da Ilha Comprida, estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009
- Freitas, R.O.; 1951. Ensaio sobre a Tectonica moderna do Brasil. Boletim FFCLUSP Geologia 6. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2526-3862.bffcluspgeologia.1951.121701>
- IBGE., 1972. Cartas topográficas do Estado de São Paulo em escala 1:50000
- IGC., 2020. Mosaíco digital das cartas topográficas de folhas do Estado de São Paulo elaboradas entre 1978 e 2006. Disponível em: http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?fbclid=IwAR3yS1Vq1fjalplaUKIfxkS-0Ut7Y1_gjugUve42oAD-9Vd0jfkOG9FYrTg#. Acessado em 21-01-2020
- Johnson, D.W., 1919. Shore Processes and Shoreline Development. Wiley, Nova York.
- Ladeira, F.S.B., 2001. Paleossolos Silicificados na Serra de Itaqueri - Itirapina/SP: subsídios para a reconstituição paleoambiental. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001
- Lerma, A.N.; Paris, F.; Garcin, M.; Dailloux, D.; 2020. Sandy Stocks on a Rocky Coast: States and Monthly to Pluriannual Evolutions., Journal of Coastal Research 95, 610-615. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI95-119.1>
- Lisle, R., 2011. Basic Geological Mapping, 5a edição. Wiley, Nova York
- Louzeiro, A.; Sales, C.; Mendes, D. L. M.; Lima.; P. H. G., 2019. Risco de movimento de massa: conceitos, metodologias e aplicações. Revista da Casa da Geografia de Sobral 21., 1234-1253
- Maack, R., 1947. Breves notícias sobre a Geologia dos Estados do Parana e Santa Catarina. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, 1947
- MARINHA DO BRASIL - DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. Carta n 1702 (Escala 1:27.500). Rio de Janeiro. 1938
- Matsumoto, H.; Dickson, M.E.; Masselink, G., 2017. Systematic analysis of rocky shore platform morphology at large spatial scale using LiDAR-derived digital elevation models. Geomorphology 286, 45-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.03.011>
- Montoya-Montes, I.; Sánchez-García, M.J.; Alonso, I., Casamayor, M.; Santalla, I.R., 2019. Rocky Coast in Catalonia. In: Morales J. (eds) The Spanish Coastal Systems. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93169-2_5
- Mottershead, D., 2020. The Rocky Coast of South Devon and Its 'Disappearing' Village. In: Goudie A., Migoñ P. (eds) Landscapes and Landforms of England and Wales. World Geomorphological Landscapes. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-38957-4_12
- Moura D., Oliveira S., Boski T., 2020. The Rocky Coast of Western Algarve. In: Vieira G., Zêzere J., Mora C. (eds) Landscapes and Landforms of Portugal. World Geomorphological Landscapes. Springer, Cham
- Nicohls, G., 2000. Sedimentology and Stratigraphy. 2nd Edition. Wiley-Blackwell
- Kennedy, D. M.; Coombes, M. A.; Mottershead, D. N., 2017. The temporal and spatial scales of rocky coast geomorphology: a commentary. Earth Surf. Process. Landforms, 42: 1597–1600. doi: 10.1002/esp.4150
- Karmann, I.; Marins, C.; Neto, D.; Werner, W., 1999. Caracterização litológica e estrutura das rochas metassedimentares do conjunto insular Cardoso, sul do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências. 29, 157-162. 1999.
- Krubein, W.C, 1941. Measurement and geologic significance of shape and roundness of sedimentary particles. Journal Sedimentary Petrology 11, 65-72
- Ollier, C.D., 1975. Weathering. Longman Group. Londres
- Petri, S.; Fúlfaro, V.J., 1970. Nota sobre geologia e terraços marinhos da Ilha do Cardoso. Noticia Geomorfologica
- Petri, S.; Suguio, K.; 1969. Sobre os metassedimentos do Grupo Açunguá do extremo sul do estado de São Paulo. São Paulo, Secret. Serv. Publ./Serv. Vale do Ribeira.
- Petri, S; Suguio, K., 1971. Exemplo de trabalho do mar no litoral sul do Brasil. Notícias Geomorfológicas, Campinas, SP, 11, 61-66. 1971
- Petri, S; Suguio, K., 1973. Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo state, Brazil. Part II: heavy minerals studies, microorganisms inventories and stratigraphical interpretations. Boletim IG-USP 4
- Pepe, F; Corradino, M, Parrino, N; Besio, G; Lo Presti, V, Renda, P; Quarta, G; Sulli, A; Antonioli, F. 2018 Boulder coastal deposits at Favignana Island rocky coast (Sicily, Italy): Litho-structural and hydrodynamic control. Geomorphology 303, 191-209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.11.017>

- Riffel, E., Guasselli, L.; Bressani, L., 2016. Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. *Boletim Goiano De Geografia*, 36, 285-305. DOI: 10.5216/bgg.v36i2.42796
- Roig-Munar, F.X.; Rodríguez-Perea, A.; Martín-Prieto, J.A.; Gelabert, B.; Vilaplana, J.M.; 2019. Tsunami Boulders on the Rocky Coasts of Ibiza and Formentera (Balearic Islands). *Journal of Marine Science and Engineering* 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse7100327>
- Sanders, N. K., 1968. The devolpment of Tasmanian Shore Platforms. Tese (doutorado), Univ. Tasmania
- Schneiderwind, S.; Kazmer, M.; Boulton, S.; Papanikolaou, I.; Stewart, I.; Reicherter, K., 2016. Numerical Modelling of Tidal Notch Sequences on Rocky Coasts. The 7th International INQUA Workshop on Paleoseismology, Active Tectonics and Archaeoseismology
- Schumm, S. A.; Chorley, R. J. Talus weathering and scarps recession in the Colorado plateau. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Berlin, 10(1). 1966
- Silveira, J.D., 1950. Baixadas Litorâneas Quentes e Úmidas. USP, tese (doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Silveira, J.D., 1962. Morfologia do Litoral. Ln: Brasil. a Terra e o Homem. Azevedo, A. (dir. c ed.) vol. I As bases físicas. pp. 253-306. 1962
- Swirad, Z.M.; Rosser, N.J.; Brain, M.J.; Vann Jones, E.C., 2016. What controls the geometry of rocky coasts at the local scale? *Journal of Coastal Research*, Special Issue 75, pp. 612–616. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.03.011>
- Swirad, Z. M.; Migoñ, P.; Strzelecki, M. C; 2017. Rock control on the shape of coastal embayments of north-western Hornsund, Svalbard *Zeitschrift für Geomorphologie*, 61, 11-28. DOI: <https://doi.org/10.1127/zfg/2017/0403>
- Swirad, Z.M.; Rosser, N.J.; Brain, M.J.; 2019. Identifying mechanisms of shore platform erosion using Structure-from-Motion (SfM) photogrammetry. *Earth Surface Process and Landforms* 44, 1542-1558. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.4591> Earth Surface Process and Landforms 2019 vol 44 n
- Trenhaile, A., 2016. Rocky coasts — their role as depositional environments. *Earth-Science Reviews* 159, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.05.001>
- Tricart, J., 1961. Les caractéristiques fondamentales du système morphogénétique des pays tropicaux humides. *L'Inform. Géograph.* Paris, 25
- Tricart, J., 1977. *Ecodinâmica*. IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, Rio de Janeiro
- Varley, S. J., 2019. *On the physical interaction between ocean waves and coastal cliffs*. Tese (doutorado), Durham University. Disponível em: <http://etheses.dur.ac.uk/12996/> (acessado em 15-07-2020)
- Weber, W., 1998. Geologia e geocronologia da Ilha do Cardoso, Sudeste do Estado de São Paulo. Tese (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1998
- Wendel, F. Proposta Sumária de Classificação Granulométrica e Textural de Sedimentos. In: *Intemperismo e Sedimentologia*. Pará, 2014
- Winchell, A. N., 1951. *Elements of optical mineralogy: an introduction to microscopic petrography*
- Weber, W.; Beasell; M., Siga, O.; Kei, S., 2001. O magmatismo alcalino Neoproterozóico na Ilha do Cardoso, Sudeste do Estado de São Paulo. *Geologia USP Série Científica*