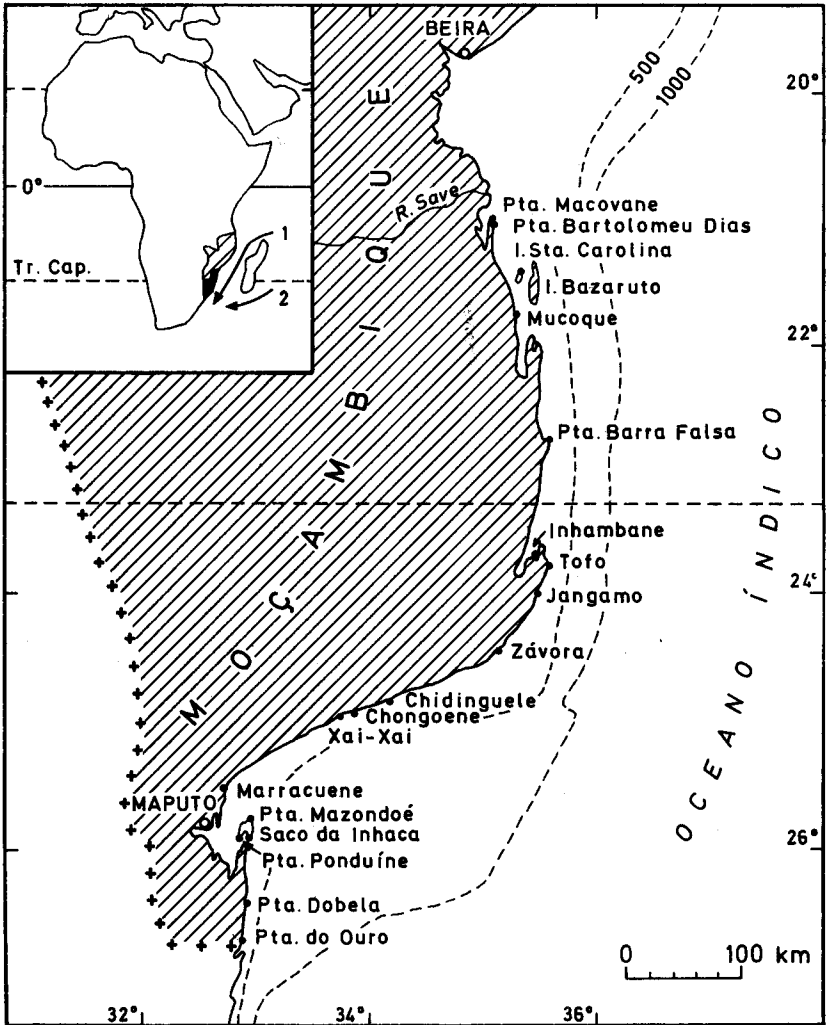


## MODELADO CÁRSICO DAS ARRIBAS E PLATAFORMAS DE ABRASÃO-CORROSÃO, NO LITORAL SUL DE MOÇAMBIQUE

*M. EUGÉNIA S. A. MOREIRA*

O objectivo deste trabalho é dar conhecimento da existência de um carso marinho no litoral de Moçambique, descrevendo as formas e o modelado desse carso, integradas no sistema morfogénico anfíbio da faixa entremarés. Não é, portanto, nosso intento estabelecer qualquer evolução geocronológica do litoral a partir do estudo das formas cársicas, embora, pelas suas características e posição topográfica, elas possam constituir elementos informativos sobre as variações recentes do nível do mar e de algumas condições paleoambientais. Porque admitimos que a perspectiva de evolução paleogeográfica se deve basear num estudo mais amplo de todas as formas litorais, reservámos para uma discussão posterior esse tema.

As observações de campo foram realizadas entre 1972 e 1975 nos lugares indicados na figura 1; as referentes à ilha da Inhaca foram sistematicamente feitas durante todos esses anos, nos períodos das grandes marés vivas de Março e Setembro. As análises laboratoriais foram efectuadas no Instituto de Investigação Científica de Moçambique e no Laboratório Mineralógico e Sedimentológico da Universidade de Coimbra, pelo que agradeço ao Prof. A. Ferreira Soares e ao Dr. Rodrigues Lapa, não apenas a utilização deste último laboratório, como também as proveitosas discussões sobre este assunto. Fico reconhecida à Prof. Suzanne Daveau pela cuidada leitura do texto e sugestões apontadas.



des. L. Mendes

Fig. 1 — O litoral sul de Moçambique, localização dos principais sítios onde foi estudado o carso litoral. No mapa de posicionamento deste espaço no continente africano estão indicadas as correntes quentes de Moçambique (1) e das Agulhas (2).

## 1. O LITORAL SUL DE MOÇAMBIQUE

A costa de Moçambique, entre 10° 27' S (Cabo Delgado) e 26° 52' S (Ponta do Ouro), é, quase na sua totalidade (2795 km) recortada em rochas sedimentares: calcárias, no sector norte, arenopelíticas no centro — onde se localizam os deltas dos rios Zambeze e Save, e arenosas, arenopelíticas e areníticas para sul da foz deste rio.

Embora os mesmos processos morfogénicos afectem as rochas carbonatadas de todo o litoral, este trabalho diz respeito apenas às formas e ao modelado cársico do sector a sul do rio Save, que constitui uma grande região morfológica designada por Litoral Sul de Moçambique (fig. 1). Neste espaço, entre as pontas de Macovane e do Ouro (e ainda na costa da Zululândia e do Natal, até Durban), a morfologia da faixa litoral é caracterizada pela presença de sucessivos cordões de dunas longitudinais, intersectados por sistemas de dunas parabólicas transversais, alternados com alinhamentos de lagunas circulares ou oblongas que, ou foram colmatadas por sedimentos (as mais interiores e/ou mais pequenas), ou são ainda hoje muito profundas. Os principais cordões dunares e os rosários de lagunas, testemunhos de flutuações quaternárias do nível do mar, estão orientados com direcção paralela à linha de costa actual, também manifesta no traçado e na organização da rede hidrográfica.

Como na restante costa oriental da África e de Madagascar, na oriental do Brasil, e na costa ocidental da África, estas dunas, de areia essencialmente siliciosa, foram submetidas a episódios de diagénese ferruginosa e carbonatada que conduziram à lapidificação das areias dunares e à modificação da cor destas formações. Tais fenómenos ocorreram durante todo o Quaternário, embora durante o Pleistocénico tenham predominado os de ferruginização (bioclima de floresta tropical) e durante o Holocénico, com clima mais seco (bioclima de savana e estepe), os de carbonatação e descarbonatação (FÖRSTER, 1975). Assim, as dunas vermelhas, mais ou menos consolidadas por cimento rico em óxidos de ferro, são as mais antigas; afloram em arribas escarpadas, vivas (Ponta Vermelha — Maputo) ou mortas (Inhassoro), e as suas areias estendem-se em mantos de cobertura por algumas centenas de quilómetros para o interior. A elas se encostam ou se sobrepõem dunas mais claras, de

cor variável entre o rosado, amarelado ou bege, designadas por dunas amarelas, também mais ou menos consolidadas por um cimento carbonatado, com muitos grãos ainda envolvidos por películas ferruginosas; no litoral formam arribas vivas e plataformas. Na orla costeira, sobrepostos ou encostados às dunas vermelhas ou às amarelas, desenvolvem-se cordões de dunas actuais, com areias lavadas e soltas, que constituem as dunas brancas; em regra geral encontram-se estabilizadas por uma cobertura vegetal densa que, nos lugares abrigados, atinge a praia com porte florestal e, nos expostos, é desenraizada pelo vento, ao abrir nela corredores de deflação no sentido sudeste-noroeste.

Com excepção da baía de Maputo, grande estuário de cinco rios (Incomáti, Matola-Umbelúzi, Umbelúzi, Tembe e Maputo), em todo este sector da costa moçambicana o litoral é formado por praias rectilíneas ou ligeiramente arqueadas (consoante a exposição às correntes), alternando com saliências rochosas que formam pontas com orientação norte ou nor-nordeste. As praias, de areias de grão médio a fino (excepto nas restingas, em que é grosseiro), com declive fraco, ligam-se directamente ao cordão dunar actual ou às arribas talhadas nas dunas antigas.

Nas pontas, que correspondem às formações de duna bem consolidada, o mar talha arribas que não ultrapassam quinze metros (5 a 15 m), subverticais, com patamares e plataformas rochosas anexas; estas duas últimas formas tanto podem ser cortadas no arenito dunar, como em afloramentos de arenito de praia ou de conglomerados recifais que orlam a costa na faixa entremarés. Por vezes, em frente das praias mais rectilíneas, esses afloramentos de arenito de praia desenvolvem-se linearmente, e o mar modela neles plataformas rochosas, constituindo quebra-mares naturais e alinhamentos de baixios que, paralelos à praia, acidentam a plataforma continental entre 10 e 50 km da linha de costa.

O traçado geral da costa, quase em linha quebrada, deve-se a vários factores: a orientação norte-sul, entre Macovane e Inhambane e entre Maracuene e a Ponta do Ouro, é apontada por FÖRSTER (1975) como consequência de movimentos tectónicos do bloco continental ligados, respectivamente, à actividade do grande *rift* africano prolongado para sul pelas estruturas em *horst* do Mabote-Funhalouro, e pela estrutura monoclinal da cadeia dos Libombos. A orientação sudoeste-nordeste entre Marracuene e Inhambane, segundo

o mesmo autor, é o resultado de heranças paleogeográficas relacionadas com a variação das linhas de costa posteriores à grande transgressão maestrichtiana.

O paralelismo das formas litorais antigas e a linha de costa actual deve-se às flutuações post-pleiocénicas do nível do mar e à semelhança de algumas condições paleoambientais, sobretudo ao regime de circulação estacional das correntes litorais, com a principal resultante nos sentidos norte e nordeste, observável no desenvolvimento das maiores restingas (Machangulo-Inhaca, Inhambane, Inhassoro) e no deslocamento das fozes dos cursos de água interduares, que inflectem sucessivamente para norte e nordeste.

A evolução actual das formas e, em especial, o seu modelado, integra-se na dinâmica de um sistema morfogénico caracterizado por um clima tropical húmido, com alternância de estações quente e húmida e quente e seca, até Inhambane, acentuando-se a subtropicalidade para sul do Xai-Xai. A faixa litoral, em todo o Sul, é muito mais húmida que o interior semiárido: a precipitação anual média varia entre 1000 mm e 1400 mm entre Vilanculos e o Xai-Xai e entre 800 mm e 1000 mm na restante área costeira.

A temperatura média anual do ar oscila entre 22° C e 24° C, em quase toda a costa, entre 24° C e 26° C em Inhambane (aproximação da costa da corrente quente de Moçambique) e entre 20° C e 22° C na Ponta do Ouro. A temperatura média anual da água do mar, à superfície, é também mais elevada em Inhambane, 24° C, onde atinge um valor máximo médio de 27° C, e mais baixa na Ponta do Ouro, entre 20° e 21° C, acusando um valor mínimo médio de 18° C. Estes valores, elevados para as latitudes a que se verificam, justificam-se pela deslocação da corrente quente de Moçambique que se dirige para sul ao longo do canal de Moçambique aproximando-se mais da costa perto de Inhambane (TINLEY, 1971); à latitude do paralelo 26° S, a esta corrente junta-se a corrente quente das Agulhas, vinda de leste. Por este facto a costa sudeste africana tem as características de ambiente tropical mais meridionais do globo (VALENTIN, 1979), o que permite o aparecimento, até à costa do Natal, de um modelado bioquímico das rochas carbonatadas, típico dos mares intertropicais.

A humidade relativa média pode atingir 60% nos meses secos e 100% nos húmidos e a evaporação é forte, devido à agitação permanente do ar. O regime dos ventos é marcado pela dominância

dos alíseos, de este e sueste. Porém, nos meses frescos as massas de ar continental podem atingir a costa, provenientes de noroeste ou oeste. Também a circulação local, das brisas, é importante na dinâmica deste litoral; a brisa de terra sopra no período diurno (fim da manhã e princípio da tarde), e não só contribui para o transporte de areia da duna para a praia, sobretudo quando reforça a circulação continental, como empurra para o largo os respingos da rebentação e a salsugem, diminuindo o espaço do litoral atingido por eles. A brisa do mar sopra no fim da tarde, reforça os ventos de leste e leva mais longe o ar salgado e os respingos da rebentação; nos meses frescos esta brisa dá origem a fenómenos de inversão térmica que provocam a acumulação, junto à costa, de nevoeiros densos e baixos. O efeito das brisas na circulação costeira só se torna notável nas grandes baías abrigadas (Maputo), ao originar correntes litorais localizadas e periódicas.

A ondulação predominante é de sueste, modificada junto à costa pelas refração e difracção das ondas, impostas pelo fundo e pelos recortes; daí a orientação das saliências rochosas e o seu traçado em ângulo esférico com o lado sotavento em arco convexo e o barlavento côncavo. É ainda devido à convergência das ondas de sueste contra as pontas, que as plataformas de abrasão-corrosão são mais extensas no lado batido. A deriva litoral resultante desta ondulação desloca-se para norte, paralelamente à costa, alimentando restingas e ilhas que se desenvolvem nessa direcção nos troços norte-sul. A ondulação com capacidade destrutiva eficaz, também proveniente de sueste, relaciona-se com as tempestades que acompanham a passagem das depressões intertropicais que anualmente atingem a costa nos meses de Verão, com ondas de 4 a 6 m de altura e período curto.

Madagascar abriga quase toda a costa moçambicana da acção dos tufões gerados pelas grandes depressões equatoriais, entre Novembro e Abril. Só excepcionalmente a costa sul é atingida por essas tempestades que, contrariamente à direcção dominante, se deslocam de norte ou nordeste. O poder destruidor das tempestades ciclónicas de sueste e dos tufões é enorme, mormente durante as preia-mares vivas; como o regime da maré é semidiurno e a amplitude das marés vivas se aproxima de 4 m, duas vezes por dia a costa é atingida num espaço tanto mais vasto quanto maior for a altura da onda.

## 2. AS ROCHAS CARSIFICÁVEIS

No Sul de Moçambique as rochas afectadas pelos processos de carsificação litoral são essencialmente arenitos calcários, em regra chamados grés costeiros, e formações recifais conglomeráticas, em sectores muito localizados.

Nas referências bibliográficas, dentre as quais as cartas geológicas de Moçambique, a designação de “grés costeiro” (NUNES, 1961; KOCH, 1964; BARRADAS, 1965; MOURA, 1968, 1969, 1970) ora se refere a arenitos ou grés de praia, internacionalmente conhecidos por *beach-rock*, ora a arenitos de duna consolidada ou eolianitos<sup>(1)</sup>, ora ao conjunto das duas rochas, geneticamente não diferenciadas. O problema da ambiguidade do termo “grés costeiro” já foi levantado por alguns autores (MOURA, 1969), mas a sua utilização persiste, porque nem sempre é fácil distinguir as duas rochas com rigorosidade, sem estudos pormenorizados das estruturas sedimentares, das características granulométricas, litológicas e morfoscópicas do grão, da natureza do cimento e dos processos diagenéticos, e do conteúdo paleontológico das formações.

Mesmo assim é necessário ter em conta o equilíbrio dinâmico dos dois principais agentes que interferem na morfogénese e na sedimentação do litoral: o mar e o vento. A praia, uma forma marinha, tanto é alimentada por materiais parálicos (areias fluvio-marinhas e conchas) e neríticos (testas de foraminíferos, grãos de glauconite, etc.) trazidos pelas correntes devidas à ondulação e à maré, como por areias das dunas litorais adjacentes, transportadas pelo vento. Por sua vez, as dunas litorais, formas eólicas, são construídas à custa dos materiais da praia, seleccionados pelo vento conforme a dimensão e a densidade do grão. Perante a evidente troca de materiais, nem a presença de testas de foraminíferos nos eolianitos significam diagénese marinha ou episódios de submersão (BARRADAS, 1965), nem os grãos rolados de glauconite; incluídos no arenito de praia, comprovam a profundidade a que este se formou (NUNES, 1961).

Quando as duas formações contactam na área atingida pelas

---

(<sup>1</sup>) O termo é aqui usado no sentido genético e não no da composição calcareítica como foi inicialmente definido nas regiões coralígenas, por SAYLES.

marés, a semelhança do grau de endurecimento e o modelado da corrosão cársica dificultam a observação directa das estruturas sedimentares e do modo de contacto das formações. Mesmo que visíveis, nem sempre os padrões de estratificação identificam, por si só, o tipo da formação; se, na generalidade, os eolianitos apresentam a estratificação entrecruzada fina, de tipo eólico, casos há em que a lapidificação afectou mantos de deflação inferiores à estrutura dunar, e o resultado é um eolianito com estratificação horizontal ou sub-horizontal (est. I-A). Quanto aos arenitos de praia, a estrutura ainda é mais variável, desde a estratificação horizontal (est. I-B) ou inclinada de 3 a 20°, típica da praia média, à estratificação de bancadas entrecruzadas, características das praias média e baixa, com inversão de correntes, ou à estratificação entrecruzada fina, diagonal ou lenticular, frequente nos arenitos formados na praia alta, onde o vento e a água interferem.

R. MOURA (1969) verificou que, de um modo geral, os eolianitos se sobrepõem aos arenitos de praia, a que se atribui uma idade holocénica (FÖRSTER, 1975) muito recente ( $4090 \pm 150$  BP, BARRADAS, 1969) ou epipleistocénica a recente média (MOURA, 1969, baseada na fauna malacológica). A mesma posição relativa das duas formações também foi por nós observada em alguns locais; em outros, o arenito de praia parece encostar ao eolianito e, ainda em outros, não há eolianito, mas bancadas de arenito de praia com idades diferentes, que se sobrepõem. A abundante bibliografia sobre a génese dos arenitos de praia dá a conhecer que actualmente se formam em algumas ilhas do Oceano Pacífico.

As características das rochas que influem no desenvolvimento do modelado cársico são: o grau de consolidação, a natureza mineralógica do cimento, a composição petrográfica e dimensométrica dos grãos, a estratificação e a posição topográfica dos afloramentos em relação ao nível do mar actual e às suas variações diárias e quinzenais.

O grau de consolidação ou de endurecimento da rocha, dependente da compacidade dos sedimentos e dos fenómenos de lapidificação, foi avaliado em quatro classes (Quadros I e II):

- 1 — rocha mal consolidada: branda, partida à mão e desagregável rapidamente em solução normal de ácido clorídrico, a 10%.



Localização das amostras	Consolidação	Composição mineralógica	% carbonatos solúveis	% grãos não carbonatados	Estratificação encrostamento	Parâmetros granulométricos Folk-Ward (φ)	
						Mediana	D. padrão
Ponta do Ouro	2	calcite	32,2	88	entrecruzada eólica/grânulos e nódulos	2,29	F
		dolomite fosfatos					
Ponta Mazondóe (Inhaca)	1-2	calcite	18,1	76	sub-horizontal/crostras peliculares e tubiformes	2,11	F
		dolomite fosfatos					
Ponta Ponduíne (Inhaca)	2	calcite	12,3	92	entrecruzada/crostras peliculares e em laje	1,99	M
	2	dolomite					
Ponta do Bilene	2-3	calcite	35,3	83	entrecruzada/pseudomicélio, crostras peliculares	2,04	F
		dolomite					
Ponta de Závora	2	calcite	17,2	85	entrecruzada/crostras folheadas e em laje	2,11	F
		dolomite fosfatos					
Ponta do Tofo	2	calcite	12,1	89	entrecruzada/crostras peliculares e nodulares	1,99	M
		dolomite calcite magnésiana fosfatos					
Ponta da Barra Falsa	2	calcite	10,2	85	entrecruzada/crostras peliculares e nodulares	1,78	M
		dolomite					
Chiguine (St. <sup>a</sup> Carolina)	2-3	calcite	39,1	57	entrecruzada/crostras em laje recristalizadas	1,14	F
		dolomite					

Quadro I — Características litológicas de alguns eolianitos que constituem arribas e plataformas, no litoral sul de Moçambique

(F = areia de grão fino; M = areia de grão médio; BC = areia bem calibrada).

Localização das amostras	Consolidação	Composição mineralógica	% carbonatos solúveis	% grãos não carbonatados	Estratificação	Parâmetros granulométricos Folk-Ward (Ø)		
						Mediana	D. padrão	
Ponta do Ouro	3-4	calcite calcite magnésiana dolomite	3 2 p.	48,3	78	entrecruzada (com lenticulas)	0,96 G	0,51 MC
Ponta Mazondóé (Inhaca)	3	calcite calcite magnésiana dolomite	2 2 p.	47,9	76	sub-horizontal e inclinada	1,01 M	0,58 MC
Ponta Ponduíne (Inhaca)	2	calcite magnésiana calcite aragonite	3 2 1	40,3	70	entrecruzada	1,75 M	0,52 MC
Saco da Inhaca	2-3	calcite calcite magnésiana dolomite	3 2 p.	40,1	68	entrecruzada sub-horizontal		
Xai-Xai	3-4	calcite dolomite	3 3	44,5	79	inclinada	1,45 M	0,59 MC
Chongoene	2-3	calcite calcite magnésiana dolomite	3 2 p.	29,2	76	inclinada	1,33 M	0,47 BC
Chidinguele	3	calcite magnésiana calcite dolomite	3 2 1	32,7	78	inclinada	1,23 M	0,49 BC
Ponta de Závora	3	calcite magnésiana calcite dolomite	3 3 p.	30,7	72	entrecruzada	1,26 M	0,52 MC
Jângamo	3	—	—	30,3	68	entrecruzada	1,41 M	0,55 MC
Ponta do Tofo	3	calcite magnésiana calcite aragonite	3 2 1	35,1	71	inclinada	1,51 M	0,65 MC
Ponta da Barra Falsa	3	—	—	32,2	73	inclinada	1,33 M	0,58 MC
Mucoque (Vilanculos)	3	calcite aragonite fosfatos	3 1 p.	25,5	57	sub-horizontal	1,66 M	0,51 MC
Chiguine (Santa Carolina)	2	calcite aragonite	3 2	22,8	68	sub-horizontal	1,73 M	0,65 MC
Ponta de Bartolomeu Dias	1	aragonite calcite	3 1	15,3	53	horizontal	1,67 M	0,78 MC

Quadro II — Características litológicas de arenitos de praia que afloram em plataformas lapiasadas e de dissolução, no litoral Sul de Moçambique (G = areia de grão grosseiro; M = areia de grão médio; BC = areia bem calibrada; MC = areia moderadamente calibrada; p. = possível).

- 2 — rocha bem consolidada: dura, partida a golpe de martelo e facilmente desagregável em solução tamponada de ácido acético.
- 3 — rocha muito mal consolidada: muito dura, partida a golpe de martelo, com dificuldade, e desagregável em solução tamponada de ácido acético durante uma semana.
- 4 — rocha muito bem consolidada: muito dura, partida a forte golpe de martelo apenas nas saliências, não totalmente desagregável na solução referida nem em solução concentrada de ácido acético.

A análise da natureza mineralógica dos elementos carbonatados foi feita por difracção de raios X; as análises e sua interpretação foram realizadas no Laboratório Mineralógico e Sedimentológico da Universidade de Coimbra, pelo Dr. Rodrigues Lapa. Os algarismos que nos quadros I e II estão colocados à frente do nome dos minerais constituintes indicam a seguinte ordem de abundância: 1 — muito pouco abundante, 2 — pouco abundante, 3 — abundante; a letra p significa possível existência.

A quantidade de carbonatos solúveis foi determinada em calcímetro de Bernard.

A natureza litológica dos grãos, determinada à lupa binocular, consistiu na contagem dos grãos não carbonatados (quartzo, feldspatos e minerais pesados, sobretudo ilmenite) e dos carbonatados (fragmentos de conchas, de algas e de corais).

### *Os eolianitos*

São areanitos provenientes da consolidação de areias de duna litoral por um cimento carbonatado essencialmente constituído por calcite e dolomite, por vezes com calcite magnesiana e vestígios de fosfatos (quadro I). Os grãos, sub-rolados, de granulometria fina e média, bem calibrada (fig. 2, quadro I), são constituídos por quartzo, poucos feldspatos, minerais pesados nas fracções muito finas, e eólitos e clastos de calcite cristalizada; aparecem ainda fragmentos de conchas finas, talvez de gasterópodes terrestres, cujos fósseis são visíveis em alguns afloramentos (do género *Acatina*, na Inhaca e no Bilene). Muitos grãos de quartzo apresentam vestígios de uma película de rubefacção anterior à diagénese carbo-

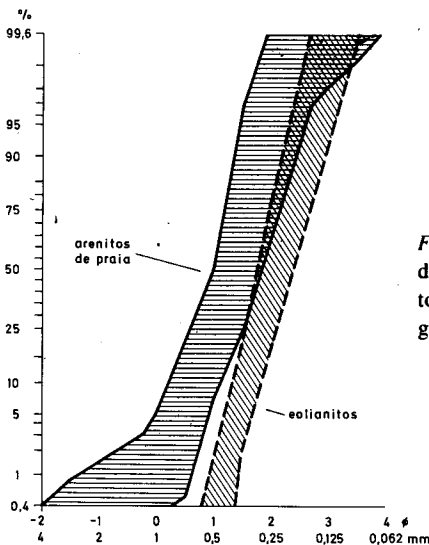


Fig. 2 — Distribuição granulométrica dos sedimentos que formam os eolianitos e os arenitos de praia. Cada faixa contém as curvas granulométricas das amostras referidas, respectivamente, nos quadros I e II.

natada, facto que, associado à existência, na fase de ligação, de argila vermelha descarbonatada, confere à rocha uma cor rosada, não homogénea.

Ainda que, em regra, bem consolidados, os eolianitos apresentam, no mesmo afloramento, um grau de endurecimento muito variável. Quando formam arribas, a consolidação é forte e uniforme na base da formação, mais compacta e sujeita aos fenómenos de carbonatação marinha na área atingida pelas preia-mares; na faixa de contacto da toalha freática salobra com a água do mar, formam-se crostas duras e compactas, em forma de laje horizontal ou ligeiramente inclinada, atingindo cerca de 10 cm de espessura na Inhaca, em Závora e em Santa Carolina; constituídas por dolomite e calcite recristalizada, as crostas de tipo laje apresentam a face superior ondulada e como que polida, devido a fenómenos rítmicos de expansão e sucção gerados pelo fluxo e refluxo da água salgada, no contacto dos níveis freático e marinho. Por vezes não se formam lajes, mas faixas de crostas peliculares de 1 a 3 cm de espessura, que no conjunto podem tomar o aspecto de crostas folheadas; estas películas carbonatadas marcam as superfícies de estratificação do eolianito ou, tal como as lajes, são frequentes no contacto dos arenitos de praia com os eolianitos (est. II-A). Acima destas crostas os fenómenos de precipitação de carbonatos são irre-

gulares e parecem estar mais relacionados com a percolação da água no depósito ou com a pedogénese, do que com a vizinhança do mar; acumulações pulverulentas de calcite cristalizam à volta das raízes, formando pequenos tubos calcários ou micorrizes que facilmente se organizam em pseudomicélio, dada a abundância e o desenvolvimento do aparelho radicular das plantas dunares. Se a actividade pedogénica for intensa, as micorrizes crescem por concrecionamento, coalescem e formam complexas redes rizomórficas de tubos alongados (est. II-B), cujo diâmetro varia de 3 a 5 cm a mais de meio metro. Na ilha de Santa Carolina crostas tubiformes ligam-se a crostas em laje folheada, formando uma rede de sifões, numa caliche de 5 a 7 cm de espessura, que foi explorada como material de construção e que aparece carsificada na plataforma litoral de Chiguine, no sul da ilha. Nas arribas e nas plataformas litorais elevadas, a erosão eólica exuma estas crostas tubiformes ou em nódulos e em grânulos, que, ao serem corroídas pela salsugem e pelas águas pluviais, contribuem para o aumento do teor em carbonatos nas águas costeiras.

#### *Os arenitos de praia*

São arenitos provenientes da consolidação de areias de praia por um cimento carbonatado essencialmente constituído por calcite, dolomite, calcite magnésiana e aragonite (quadro II). A fracção arenosa, de grão médio a grosseiro, moderadamente calibrada (fig. 2, quadro II), é formada por grãos de quartzo subangulosos e subarredondados, alguns feldspatos e outros minerais, sobretudo máficos ferromagnesianos, e, na fracção grosseira, numerosos fragmentos de conchas e de madreporários que elevam a quantidade de carbonatos solúveis. No arenito de Bartolomeu Dias este facto é nítido: a rocha, muito pouco coerente e cavernosa, portanto quase sem cimento, acusa 15,3% de carbonatos, em que predomina a aragonite proveniente das conchas. Não foram observados grãos de glauconite, mas NUNES (1961) refere-os em amostras provenientes da Ponta do Ouro e da Inhaca.

Apesar da coerência e da compacidade dos arenitos de praia serem mais elevadas que as dos eolianitos, o grau de consolidação daquelas rochas é variável de afloramento para afloramento. Na Ponta de Ouro e no Xai-Xai (praia Sepúlveda) observa-se o maior

grau de consolidação, e na Ponta de Bartolomeu Dias o menor; o grau de consolidação parece, assim, decrescer de sul para norte (quadro II; NUNES, 1961), tal como a percentagem de carbonatos solúveis. Na verdade, o grau de consolidação tem variações locais que, para além da possível existência de óxidos de ferro no cimento (referidos por NUNES, 1961, na Ponta do Ouro, Inhaca e Xai-Xai), estão relacionados com a abundância de dolomite nos arenitos melhor consolidados e de aragonite nos menos, e, acima de tudo, com a posição que ocupam os afloramentos, relativamente ao nível da maré e à exposição face às ondas provenientes do Oceano Índico.

Com efeito, em todo o litoral estes arenitos afloram em bancadas de 3 a 4 m de espessura, na faixa entremarés de costas diferentemente batidas pelas ondas, verificando-se que os mais duros (ou melhor consolidados) se encontram nos sectores da costa directamente atingidos pela rebentação das ondas oceânicas, isto é, nas pontas e nos afloramentos das praias rectilíneas e desabrigadas. Os menos consolidados são os arenitos que afloram na costa ocidental das ilhas (Ponta Ponduíne, Saco da Inhaca) ou na costa do continente abrigada da ondulação do Índico por arquipélagos (Mucoque, abrigada pelas ilhas do arquipélago de Bazaruto). A explicação deste fenómeno relaciona-se com a intensidade dos processos de precipitação-dissolução dos carbonatos, dependente da renovação do dióxido de carbono na água do mar, neste caso por agitação.

### *Os conglomerados recifais*

Estas rochas não foram estudadas com pormenor, porque, como nesta área só afloram em plataformas de maré baixa, apenas podem ser observadas em cortes submersos e quase sempre revestidos de biocenoses que impedem a sua observação. Superficialmente estão cobertas por uma camada fina de sedimentos arenosos e pelíticos, com espessura irregular.

Correspondem a recifes de corais mortos que, dispostos outrora em bancos ou em estreitas franjas, foram progressivamente emergindo e entulhando. São essencialmente constituídos por madreporários hermatípicos que se encontram *in situ*, calhaus e blocos (rolados ou não) de coral, oólitos de algas, areia, limos e argila, num conglomerado muito pouco coconsolidado; em alguns sítios as

ondas de tempestade arrancam os polípeiros corálinos inteiros (CARVALHO, 1975); em outros é possível destacar com facilidade os velhos polípeiros. Porém, contíguos a estes, observam-se locais em que a superfície do recife morto está endurecida por películas de calcário bioconstruído (est. III-A), e escavada com saliências e marmitas actualmente sempre submersas (est. III-B). No rebordo das marmitas, ao longo dos canais de maré que cortam o recife e, no seu limite exterior, crescem, nas ilhas da Inhaca e do arquipélago de Bazaruto (Santa Carolina), novos recifes do mesmo tipo.

### 3. OS AGENTES E OS PROCESSOS DA CARSIFICAÇÃO LITORAL

O modelado cársico das arribas e das plataformas do litoral depende duma combinação complexa de processos físicos, físico-químicos e bioquímicos, levados a efeito pela acção dos agentes que actuam nos geossistemas litorais. Entende-se, neste caso, que o litoral é definido no seu conceito mais restrito, o do espaço periodicamente inundado e posto a descoberto pelas marés e que, sempre emerso, é directamente atingido pelos respingos das ondas e pela massa de ar húmida que contém cristais salinos, ou seja a salsugem.

Neste espaço actuam agentes marinhos, atmosféricos e biológicos, e entre todos gera-se um equilíbrio mantido pela reversibilidade das acções que cada um pode ter. Cada agente tem, ao mesmo tempo, a capacidade morfogénica de construir ou destruir, consoante a natureza e a intensidade dos processos que desencadear.

E porque cada agente pode desenvolver processos de natureza diferente, preferimos especificar os processos.

#### *Os processos físicos*

No ambiente litoral têm um efeito mecânico, e são os menos importantes na carsificação. São desenvolvidos pelo mar, pelo vento, pela chuva e calor, pelos sais depositados nas fendas das rochas e por alguns seres vivos.

A acção mecânica do mar traduz-se por um efeito de desgaste abrasivo das arribas e das plataformas rochosas atingidas pelo cho-

que da rebentação das ondas: a energia cinética do impacto da água projectada contra a rocha, adicionada à do ar comprimido entre a água e a rocha, propaga-se no interior desta e enfraquece a sua estrutura interna, fissurando-a ou alargando as fissuras já existentes; por sua vez, os materiais sólidos deslocados por essa massa de água, em especial na faixa de colapso das ondas, são projectados contra as plataformas, onde actuam por fricção, tendendo a suprimir as saliências e a alargar as microformas embutidas. É uma acção episódica, mais eficaz durante as tempestades, quer sobre a frente do patamar supralitoral, quer, sobretudo, na parte exterior da plataforma mesolitoral, onde os rebordos das marmitas litorais e os septos que as separam são destruídos. São as ondas que escavam a sapa da arriba exterior e que, desapoando na base a camada de arenito da orla exterior da plataforma, contribuem para a abertura de grandes fendas que levam à fragmentação do conjunto.

Creemos que a rebentação das ondas de tempestade e as correntes dela resultantes têm uma responsabilidade considerável no modelado do patamar supralitoral: se não na origem do próprio patamar, no modelado da micro-arriba que o separa da plataforma mesolitoral, com perfil rectilíneo-côncavo sem sapa, nos lugares mais batidos pela ondulação. Do mesmo modo pensamos que no alargamento das marmitas litorais, sem dúvida formas de corrosão, a acção mecânica de correntes turbilhonares é importante, tanto pela existência, dentro das marmitas, de calhaus de arenito calcário com forma achatada, bem arredondados ou partidos (figs. 3 e 4), como

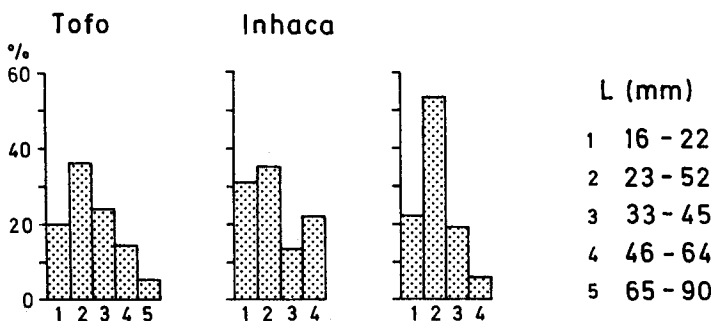
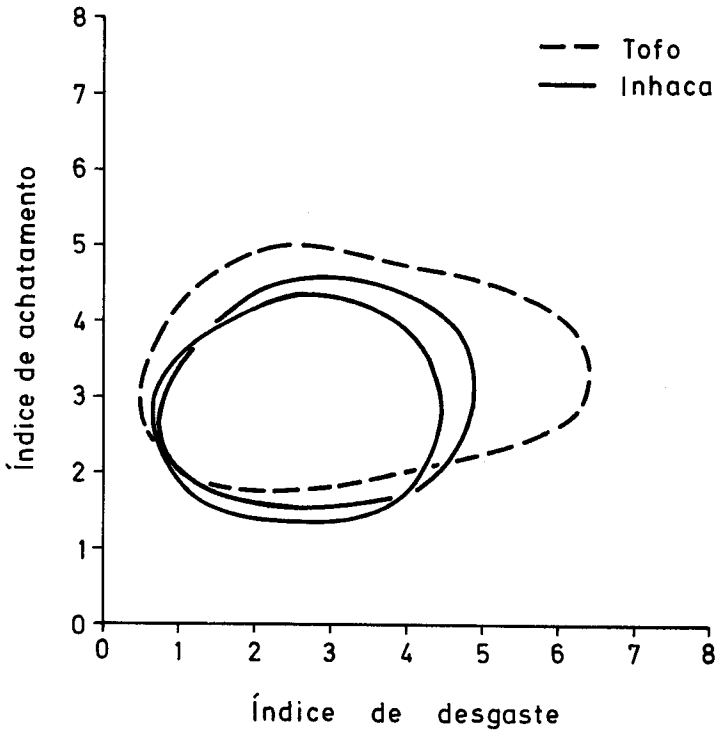


Fig. 3 — Distribuição dimensométrica do eixo maior (L) dos calhaus do depósito de fundo de marmitas mesolitorais das plataformas da Ponta Mazondóe (Inhaca) e da Ponta do Tofo.





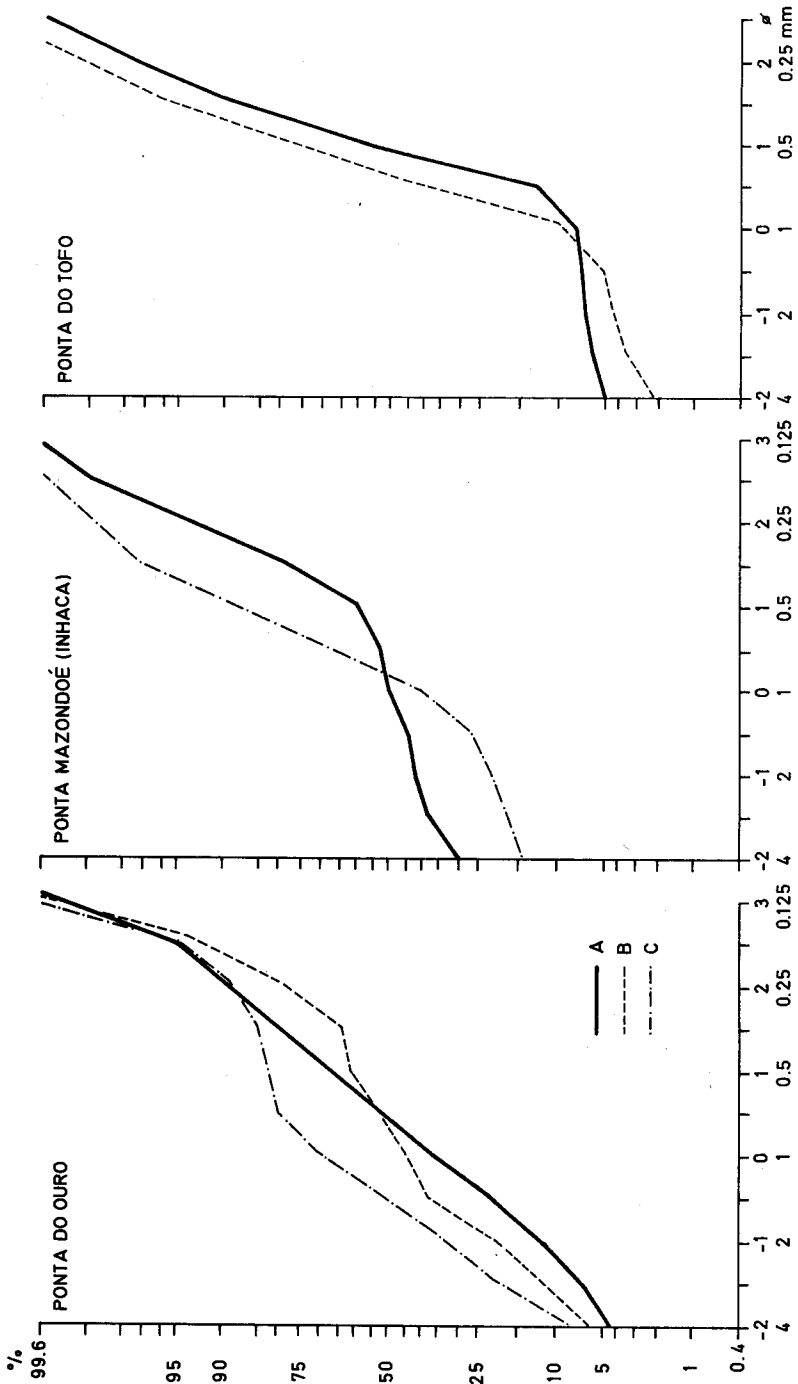
*des. Cailleux*

Fig. 4 — Manchas de dispersão dos valores dos índices de achatamento e desgaste, de A. CAILLEUX, dos calhaus das marmitas com eixo maior entre 23 e 64 mm (fig. 3).

pela heterometria (fig. 5) e composição das areias depositadas no seu fundo, como pela existência, nessas areias, de 10% a 15% de grãos de quartzo com forma elipsoidal (respectivamente nas frações 0,5-1  $\varnothing$  e 1-1,5  $\varnothing$ ); ainda, pela presença de marcas de evorsão nas paredes lisas e nuas de algumas marmitas mesolitorais superiores. Nos depósitos de fundo das marmitas mesolitorais, constituídos por materiais que podem ser autóctones — calhaus, areias, conchas, esqueletos de tubícolas —, a presença de pedaços de polipeiros (Tojo e Závora) indica a chegada de materiais alóctones, infralitorais, com dimensão de calhau.

O vento é outro agente do litoral cuja energia cinética é suficiente para esculpir cavidades — alvéolos eólicos e *taffoni* — nas superfícies rochosas; assim acontece quando as rochas são hetero-

Fig. 5 — Curvas granulométricas do areão e areia dos depósitos de fundo de marmitas litorais das Pontas do Ouro, Mazondóe e do Tofo, cujas posições em relação ao nível do mar são indicadas por: A = supralitoral, B = mesolitoral superior, C = mesolitoral inferior.



métricas ou relativamente brandas. e a corrente eólica dispõe de uma carga sólida abrasiva. O vento actua nas arribas de eolínio ou de arenito de praia, no andar supralitoral, alveolizando-as ou, exumando, por deflação, crostas calcárias ou outras formas cársicas antigas, fossilizadas por areia. Do mesmo modo transporta areias dunares para as plataformas mesolitorais, colmatando os fundos das formas cársicas.

Um outro efeito físico do vento, ainda que indirecto, é o de aumentar a evaporação e transportar mais alto e mais longe (para o interior ou para o largo) a massa de ar salino.

A chuva, quando batida por vento, ajuda a limpar as superfícies rochosas, evacuando os materiais soltos.

A termoclastia é outro processo físico desencadeado por agentes atmosféricos, com acção importante na parte superior das arribas carsificadas, em especial sobre as crostas calcárias expostas ao sol. É possível que uma fina rede de fissuras que afecta a superfície das lajes carbonatadas da plataforma de Chiguine, na ilha de Santa Carolina, seja resultado, pelo menos em parte, de uma acção termoclastica. E, "em parte", porque nestas plataformas supralitorais a haloclastia é outro processo eficaz na fissuração das rochas ou no alargamento das fendas existentes, devido às tensões criadas pelo aumento de volume que acompanha a cristalização dos sais (PEDRO, 1957). A heterogeneidade dos arenitos facilita este processo. Nas marmitas supralitorais e nos alvéolos (eólicos ou biogénios) a intermitente solubilização-cristalização dos sais, em especial do sulfato de sódio (GOUDIE, 1974), com seu efeito haloclastico, é uma causa da evolução morfológica, directa (no alargamento das formas) ou indirecta (no facilitar da alteração bioquímica).

Finalmente, os seres vivos com *habitat* endolítico ou fissurícola são agentes de processos físicos que afectam este litoral rochoso. Os animais perfuradores escavam buracos e galerias na rocha, apenas por fricção das valvas. As raízes lenhosas dos arbustos xerófitos que vivem no alto das plataformas ou nas fendas das arribas, e dos arbustos de *Avicenea marina* que crescem no mangal, sobre a plataforma do recife de coral morto (ilha da Inhaca), desenvolvem, no crescimento, tensões mecânicas poderosas, capazes de alargar fendas e de fragmentar a rocha, predispondo-a à alteração, que esses próprios e outros seres vivos também podem desencadear.

*Os processos físico-químicos e bioquímicos*

São os verdadeiros responsáveis pela formação do carso, e devem-se à capacidade de dissociação iónica das águas do mar que, contendo dióxido de carbono e sais dissolvidos, são capazes de precipitar os bicarbonatos de cálcio e magnésio, e de dissolver os carbonatos desses elementos.

É conhecido que as águas dos mares quentes estão sobressaturadas de bicarbonato de cálcio, quer porque a concentração de dióxido de carbono na água varia na razão inversa da temperatura, quer pelo fornecimento abundante de bicarbonatos de cálcio e magnésio das águas freáticas às águas marinhas litorais, já de si ricas nesses compostos (FERREIRA SOARES), mormente nas regiões quentes e húmidas. Daí a profusão, nestas águas, de seres construtores de exosqueletos calcários. Em contrapartida, a elevada biomassa que caracteriza os ambientes costeiros tropicais e subtropicais leva à produção biológica de dióxido de carbono, aumentando a agressividade das águas marinhas a tal ponto, que a morfologia dos litorais talhados em rochas carbonatadas se caracteriza, essencialmente, pelo desenvolvimento de formas de dissolução. As velocidades de corrosão são, aqui, mais elevadas que nas regiões costeiras temperadas e frias (CORBEL, 1959; EMERY, 1946), e mesmo superior às observadas nos litorais mediterrâneos (DEBRAT, 1974).

A bibliografia dedicada a este assunto é abundante e controversa. EMERY (1946) e GUILCHER (1953) reconheceram desde logo a contradição aparente deste fenómeno, baseado na reversibilidade do processo da calcificação. Posteriormente verificou-se que estas reacções são controladas pela força iónica da água do mar, também elevada nestas águas, pela abundância de iões magnésio e sódio que afectam os iões carbonato e bicarbonato. DEBRAT (1974) refere uma probabilidade de 75% para a formação de carbonato de magnésio, de 15% para o carbonato de sódio e de apenas 10% para o carbonato de cálcio. Para outros autores a formação de bicarbonato de cálcio à superfície da água do mar é acelerada pela presença de iões complexos ou de sais com um ião comum ( $\text{CO}_3\text{Na}_2$ ,  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ,  $\text{CO}_3\text{Mg}$ ) que funcionam como catalizadores (POUS<sup>3</sup> y CAPARROS, 1957).

Ainda é de considerar que as variações do pH da água influem na dissolução do carbonato de cálcio; assim, na faixa de contacto

das águas do mar com as freáticas continentais, acidificadas pela lixiviação dos ácidos húmicos (faixa entremarés), as águas marinhas tornam-se mais agressivas. Daí que a dissolução seja o processo mais importante no modelado cársico das formas litorais, sobretudo quando na rocha existirem carbonatos instáveis, como a aragonite (TRUDGILL, 1976).

Tendo em conta que, em ambiente aéreo, a tendência para estabilidade, nos carbonatos, é a seguinte (SWEETING, 1976): aragonite → calcite e calcite magnésiana → dolomite → magnesite, é de esperar que nos arenitos ricos em aragonite (Bartolomeu Dias, quadro I) as formas cársicas ou não se modelem ou não perdurem, devido à rapidez da dissolução do cimento. Em contrapartida, as formas mais típicas dos carsos litorais encontram-se nos arenitos ricos em calcite e em dolomite. É de notar que no ambiente marinho, a aragonite e a calcite magnésiana são mais estáveis que em meio aéreo.

Estudos recentes (FOCKE, 1978) tendem a valorizar a acção dos processos bioquímicos na carsificação das rochas carbonatadas da faixa entremarés, anunciada por EMERY (1946), GUILCHER (1953) e VACELET (1959), ao observarem que o teor em dióxido de carbono das águas marinhas do litoral acusava variações diurnas e estacionais, de acordo com o equilíbrio das funções biológicas dos seres vivos que vivem nas marmitas: respiração e fotossíntese (variações dia-noite) e estado de desenvolvimento fenológico dos vegetais clorofilinos (variações estacionais). Para o conhecimento destes mecanismos têm contribuído as pesquisas sobre a ecologia e a fisiologia das biocenoses existentes neste domínio litoral, especialmente distribuídas em andares ou faixas horizontais, consoante o tempo de emersão-submersão que suportam. Estas faixas — supralitoral, mesolitoral e infralitoral — apresentam, entre si, condições diferentes de variação de temperatura, salinidade, dessecação e luminosidade, o que as leva a ser preferidas por espécies vivas com metabolismos diferentes. Como também a resultante do comportamento bioquímico das espécies pode ser contrária — consoante o metabolismo próprio, umas destroem, outras constroem —, estabeleceram-se padrões de zonação geoecológica para litorais de diversas partes do Globo. A cada faixa é atribuído o nome da família ou do género dominante que, só por si, é indicador do balanço morfogénico característico da faixa.

De acordo com MACNAE e KALK (1959) e WERGER (1978) estabeleceu-se a seguinte zonação geocológica para o litoral sul de Moçambique:
























1. Faixa supralitoral ou andar das Litorinas: situada acima do nível médio das preia-mares, está quase sempre emersa, embora seja atingida pelos respingos da rebentação. A densidade biótica é menor que nas restantes faixas; aí vivem algas unicelulares (cianofíceas) epilíticas e endolíticas, que perfuram a superfície da rocha, e gasterópodes herbívoros do género *Littorina* que vivem em buracos ou alvéolos de corrosão, alimentando-se das algas (est. IV-A). Uns e outros são seres biodestrutores.
2. Faixa mesolitoral superior ou andar das Ostras e Balanos: situa-se entre os níveis das preia-mares e das baixa-mares mortas, tem um tempo médio de emersão de dois períodos de três horas por dia. Aí vivem colónias de seres construtores de esqueletos externos de carbonato de cálcio (aragonite e calcite) — a craca ou balano *Tetraclita serrata*, a ostra *Crassostrea cucullata* (est. IV-A) e algas calcárias do género *Lithophyllum* (est. IV-A).
3. Faixa mesolitoral inferior ou andar dos Zoantidos: situa-se entre os níveis das baixa-mares mortas e vivas, quase sempre submersas. É também um andar de seres bioconstrutores, mas de esqueletos mais frágeis e mais pobres em carbonato de cálcio que os anteriores; aqui vivem colónias de zoantidos (est. V-A) ou poliquetas tubícolas (est. V-B) que se envolvem em tubos construídos por eles próprios, com grãos de areia aglutinados por uma secreção. Chegam a revestir grandes extensões da plataforma de maré baixa.
4. Faixa infralitoral superior ou andar das Esponjas: situa-se imediatamente abaixo do nível das baixa-mares vivas, portanto sempre submersa. Aqui vivem predominantemente espongiários e equinodermes biodestrutores (ouriços), responsáveis pela corrosão das sapas em locais não batidos pelas ondas.
5. Faixa infralitoral inferior ou andar dos Corais: situa-se abaixo do nível das baixa-mares vivas, em regra a partir de profundidades superiores a 3 m, e apenas para norte da ilha da Inhaca. É caracterizada pela presença de bancos de corais hermatípicos, espongiários e algas calcárias, por excelência, seres bioconstrutores das maiores formações de carbonato de cálcio biogénio.

Se teoricamente já não é fácil dissociar os processos, na realidade ainda é mais difícil observar separadamente a acção de cada um, porque cada agente actua com vários processos simultâneos, cujos efeitos morfogénios ora se reforçam ora se anulam. Por este facto, o estudo das formas não pode ser dissociado nem dos agentes, nem dos processos. E como uns e outros actuam selectivamente numa zonação de faixas assim se distribuirá a tipologia das formas.

#### 4. TIPOLOGIA E ZONAÇÃO DAS FORMAS E MICROFORMAS

No carso litoral do sul de Moçambique encontram-se, em regra geral, os clássicos perfis de tipologia e zonação das formas definidos por GUILCHER (1953) para os litorais dos mares quentes, tropicais e subtropicais. O perfil dos litorais mais quentes e não batidos pela ondulação caracteriza-se pela existência de um patamar supralitoral, lapiazado e com marmitas, a que sucede uma plataforma mesolitoral sem *vasques*; o patamar e a plataforma estão separados por uma micro-arriba em cuja base é escavada, por dissolução, uma profunda sapa côncava que deixa em saliência uma cornija ponteaguda ou visor. Este tipo de zonação, frequente na costa norte de Moçambique, no sul só aparece nas costas abrigadas das ilhas do arquipélago de Bazaruto, em especial em Santa Carolina (fig. 6).

O perfil típico dos litorais subtropicais caracteriza-se também pela presença de um patamar supralitoral, lapiazado, com ou sem marmitas, anexo a uma extensa plataforma mesolitoral com *vasques* e marmitas (est. VI-A). Embora estas duas formas estejam presentes no carso dos litorais batidos pela ondulação índica, a sua sucessão apenas se observa com nitidez na face norte das pontas, isto é, não directamente batidas pelas ondas tempestuosas de sueste (est. VI-B). Nos sectores da costa demasiado batidos, verifica-se que o patamar não está presente (est. VII-A) ou é embrionário, e a plataforma com *vasques* é extensa (fig. 7); em contrapartida, nos sectores abrigados, o patamar supralitoral pode ser bem desenvolvido (est. VII-B), mas, na plataforma mesolitoral não se formam *vasques* (fig. 8); pelo contrário, as *vasques* aí são destruídas. Estas diferenças entre os perfis de costas batidas e de costas abrigadas parecem estar ligadas às condições morfogénias exigidas por cada uma destas formas.

-  colianito
-  arenito de praia
-  conglomerado recifal, com areia e argila
-  crosta carbonatada pelicular ou em laje
-  crosta carbonatada tubiforme
-  encrostamento em nódulos e pseudomicélio carbonatados
-  areia de praia
-  areia de duna actual
-  cobertura de areia e sedimentos pelíticos
-  superfície alveolizada
-  superfície com lácias aciculares e pequenas marmitas de dissolução supralitorais
-  arriba com visor ou cornija (1) e sapa (2)
-  plataformas de dissolução (ou com *vasques*) com rebordos de biocorrosão
-  marmita mesolitoral com rebordo e cornija
-  marmita supralitoral ou mesolitoral sem rebordo e com cornija
-  marmita mesolitoral inferior com flora e fauna infralitorais
-  plataformas de dissolução com rebordos bioconstruídos
-  revestimento de crustáceos do género *Balanus*
-  revestimento de bancos de lamelibrânquios do género *Ostrea*
-  incrustação de *Ostrea*
-  plataformas ou revestimentos de tubícolas
-  colónias de espongiários
-  recife de coral vivo

npv — nível da preiamar viva  
 npm — " " " morta  
 nm — " médio do mar



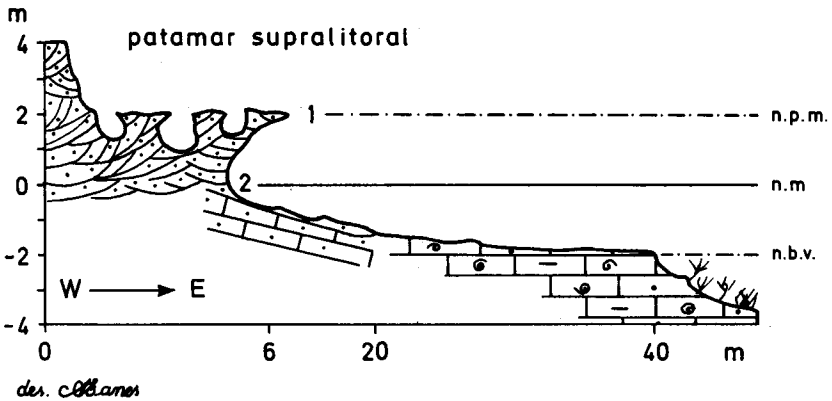


Fig. 6 — Tipos e zonação das formas cársicas no litoral oriental da ilha de Santa Carolina. A legenda é comum às figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

### *O patamar supralitoral*

É uma estreita plataforma rochosa que se encontra a cerca de 2 m acima do actual nível médio do mar, não coberta pelas preia-mares vivas em águas calmas, mas atingidas pelos respingos da salsugem e pelos jactos de água que se desprendem da crista das ondas de tempestade, durante a rebentação.

Nem todos os autores estão de acordo acerca da evolução destes patamares, que tanto aparecem encostados a uma arriba, talhada nos eolianitos (est. VII-B e fig. 6), como parcialmente cobertos pelas areias das dunas brancas (est. VI-B), ou ainda isolados do cordão dunar, quando se formam nos afloramentos rectilíneos de arenito de praia que estão separados da linha de costa por uma faixa de praia arenosa — caso da Chidinguele, Chongoene e Xai-Xai (est. VIII-A e VIII-B).

Embora sejam consideradas formas de abrasão-corrosão, surgem duas hipóteses para interpretar a sua origem: ou são plataformas mesolitorais correspondentes a um nível do mar holocénico (flandriano), ou são formas actuais, supralitorais, talhadas pela erosão diferencial das ondas de tempestade nas arribas areníticas; estas recuam mais rapidamente acima do nível máximo atingido pelo mar, onde a rocha é mais dura, devido à consolidação intensa na

Fig. 7 — Tipos e zonação das formas cársicas no litoral oriental da ilha da Inhaca (Ponta Mazondóé), directamente batido pela ondulação índica; há apenas um esboço de patamar supralitoral actual.

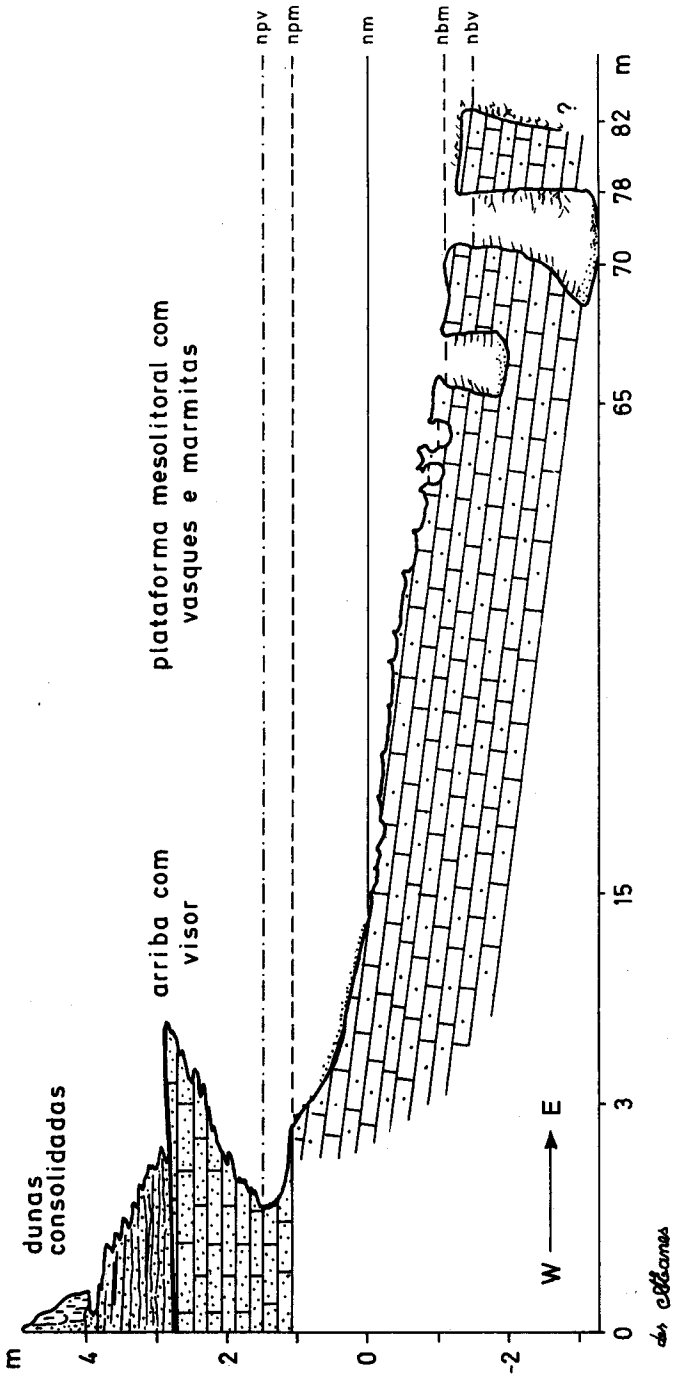




Fig. 8 — Tipos e zonação das formas cársicas no litoral ocidental da mesma ilha (Saco da Inhaca), não atingido por ondulação forte.

faixa entremarés, deixando saliente um degrau rochoso na base da arriba. BATTISTINI (1964, 1981) reconheceu em Madagascar os dois tipos de patamares, distinguindo-os pelo traçado da sua micro-arriba: no caso das formas herdadas, a micro-arriba tem uma sapa côncava pronunciada, o que não se observa na das formas actuais.

Do mesmo modo se reconhecem, na costa moçambicana, patamares supralitorais herdados e actuais, distintos não só pela forma da sapa, mas sobretudo pelas suas relações com as formas anexas do lado continental, pela sua posição face às ondas de tempestade e pelo tipo de modelado que os afecta.

Foram consideradas formas de abrasão actual: os exíguos patamares que aparecem na base das arribas eolíníticas de algumas pontas orientadas para nordeste — pontas de Ouro, Dobela, Závora, Tofo e Barra Falsa — e também os que se desenvolvem nos afloramentos de arenito de praia do Chidinguele, Chongoene e Xai-Xai. No primeiro caso a superfície dos patamares é ligeiramente inclinada para o mar, lisa ou ondulada, se corresponde às crostas peliculares formadas no contacto das duas águas (est. II-A); a micro-arriba é rectilínea ou rectilíneo-côncava, sem sapa, contactando com a plataforma mesolitoral por uma superfície rochosa inclinada, parcialmente coberta por areia. No segundo caso, o patamar está mais sujeito à acção do mar, e a sua superfície, também estreita, é horizontal e apresenta um modelado de corrosão activa, de tipo mesolitoral superior (est. VIII-B), com marmitas separadas por lápias não ponteagudos mas com arestas vivas (Quadro III). As marmitas, pouco profundas (20 a 50 cm) e pouco largas (30 a 60 cm), têm as paredes lisas com pequenas cornijas horizontais na parte superior e os fundos são lisos ou embutidos. Nas paredes

expostas à ondulação fixam-se pequenas colónias de ostras (est. IX-A) que acentuam o carácter mesolitoral da evolução deste patamar. A micro-arriba, voltada para terra (est. IX-B) tem uma cornija vertical alta, protegida por um banco linear de ostras no Xai-Xai, e uma sapa mais ou menos côncava, devida não só à corrosão, mas também à abrasão e ao escavamento da areia sobre que assenta a bancada de arenito, pelas correntes de refluxo e vasante (est. IX-B). Do lado oceânico a transição para a plataforma com *vasques* faz-se por um rebaixamento progressivo da superfície do patamar (est. VIII-A).

Os patamares que atingem 8 a 10 m de largura e dezenas de metros de extensão situam-se nas costas abrigadas, anexos às dunas que, em regra, os recobrem parcialmente. Foram, por essas duas razões, considerados como plataformas de abrasão holocénicas. As suas superfícies, perfeitamente horizontais, apresentam dois tipos de modelado de corrosão: um, de aparência não recente, caracterizado por grandes marmitas, com mais de um metro de diâmetro e de profundidade, com rebordos lapiasados e alveolizados e uma pequena cornija horizontal na parte superior das paredes lisas. O fundo deve ser liso, mas não foi possível observá-lo porque todas estas grandes marmitas estão colmatadas por areia proveniente da duna sobranceira ao patamar. Pelas suas dimensões estas marmitas não são recentes; a superfície do patamar, entre elas, apresenta lápias destruídos, alguns com alveolização recente feita pelas litorinas. Portanto, também este modelado não parece recente.

O outro tipo de modelado dos patamares holocénicos é recente, e caracteriza-se por uma corrosão activa. Observam-se lápias aciculares, triédricos, de 30 a 70 cm de altura, com paredes alveolizadas pelas litorinas, muito próximos uns dos outros, deixando entre si marmitas apertadas (10 a 30 cm de largura), de paredes lisas, ou com pequenas cornijas horizontais, correspondentes a níveis de estagnação da água, aí deixada pelas ondas altas em preia-mar. O fundo é liso, sulcado por pistas de litorinas, ou com micromarmitas embutidas, onde se depositam películas de sal, agentes de processos haloclásticos.

A micro-arriba destes patamares não tem sapa; o seu traçado é rectilíneo e, na transição para a plataforma mesolitoral, são frequentes rochedos em forma de cogumelo que testemunham o seu recuo (figs. 8 e 9).

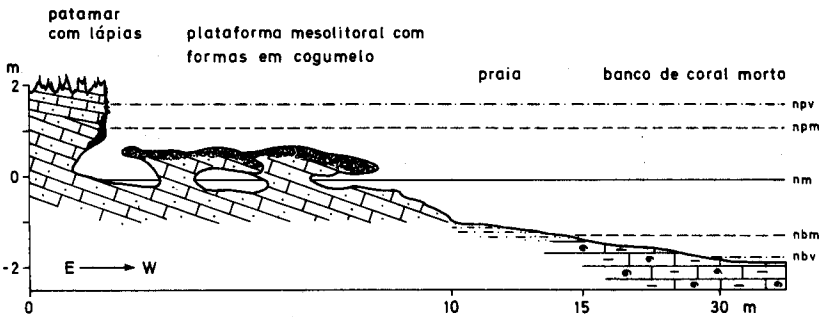


Fig. 9 — Perfil mostrando o recuo do patamar supralitoral, testemunhado pelos rochedos em cogumelo (ou em mesa), cuja parte superior é conservada devido a incrustações de ostras.

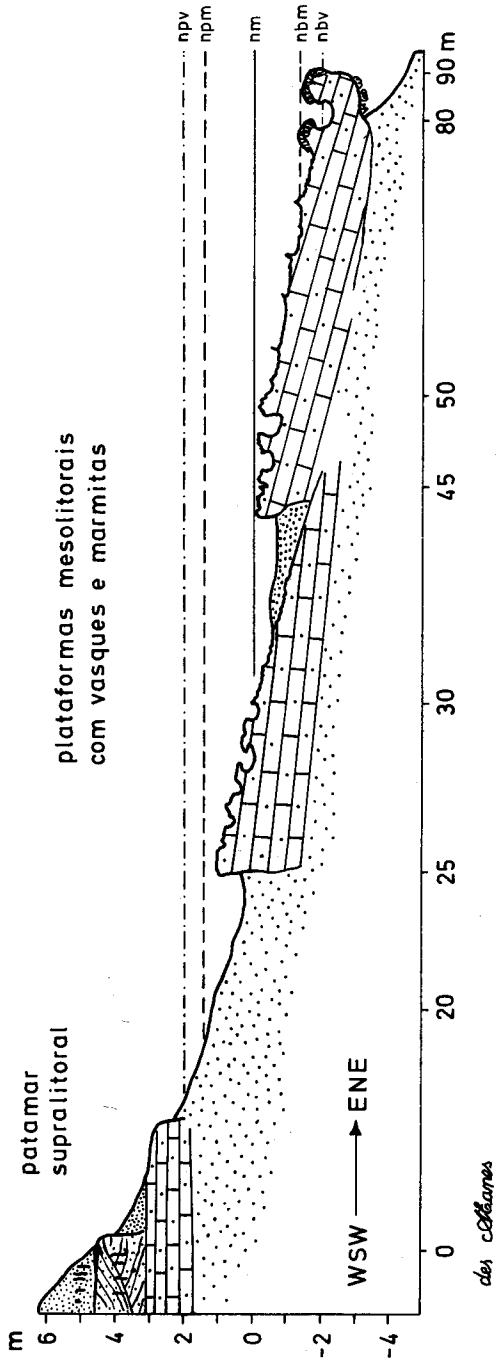
Um outro tipo de patamar supralitoral considerado holocénico é o que se observa, neste sector do litoral sul, apenas nas ilhas interiores do arquipélago de Bazaruto — Santa Carolina e Bengue-rua. É talhado em eolianitos, estreito, com a superfície alisada por crostas carbonatadas ou com pequenos lâpias cupuliformes e escavada por profundas e largas marmitas, sem rebordo e com cornija horizontal, sempre repletas de água (est. X-A). A micro-arriba tem uma sapa pronunciada (fig. 6) e, em alguns sítios há, conservados no eolianito, nichos que parecem restos de uma sapa antiga, como aliás se encontram em outros locais da costa.

#### *As plataformas de dissolução mesolitorais ou plataformas com vasques*

Reconhecidas em 1933 por WENTWORTH as plataformas de dissolução ou com *vasques* são, para GUILCHER, as formas mais típicas do carso litoral dos mares tropicais. No litoral sul de Moçambique aparecem entre o Mucoque (Vilanculos, fig. 10) e a Ponta do Ouro, apenas nos sectores da costa directamente batidos pela ondulação índica. Na Ponta de Bartolomeu Dias, no limite norte da área, apesar da exposição oceânica, só se formou um patamar supralitoral porque o arenito de praia, além de mal consolidado, aflora em posição demasiado elevada (mesolitoral superior e supralitoral, fig 11).

Estas plataformas desenvolvem-se na faixa mesolitoral, entre o nível médio do mar e o nível das baixa-mares vivas, em lugares

Fig. 10 — Tipologia e zonização das formas cársicas nos três afloramentos de arenito de praia do Mucoque (Vilanculos).



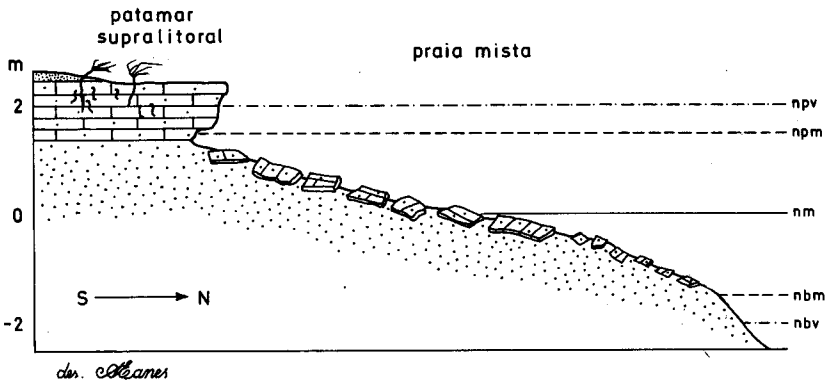


Fig. 11 — Perfil da faixa litoral, na Ponta de Bartolomeu Dias. O arenito do patamar, destruído por abrasão, fragmenta-se, originando uma praia mista de calhau e areia.

varia entre 5 e 50 cm. O contorno dos degraus é irregular, lobado ou ondulante, marcado por um rebordo que se eleva de 5 a 10 cm acima do fundo da plataforma a que pertence. Este rebordo pode ser: um rebordo de corrosão, talhado na rocha da plataforma (est. X-B), com arestas vivas; um rebordo misto, isto é, talhado na rocha mas revestido por construções biogénias (balanos e algas calcárias); ou pode ser apenas um rebordo bioconstruído, apresentando então a forma convexa (est. XI-A). Em alguns casos os rebordos destas plataformas que se encontram em posição mais onde a água permace durante o tempo necessário para permitir a dissolução, e é suficientemente agitada para renovar a concentração em dióxido de carbono necessária à dissolução dos carbonatos. São superfícies planas, ou muito ligeiramente inclinadas, escalonadas para o oceano na faixa de contacto com o patamar supralitoral, e perfeitamente horizontais em quase toda a restante extensão (est. VI-A), excepto no limite exterior da plataforma, onde os degraus podem inclinar um pouco para o lado de terra (est. X-B). Estas duas orientações do escalonamento e, portanto, da drenagem das *vasques*, para o mar (as interiores) e para terra (as exteriores), com uma plataforma horizontal entre elas, deve-se ao escoamento das correntes de afluxo e refluxo, em cuja área de encontro há uma permanente acumulação de água. A plataforma horizontal corresponde a essa área de acumulação.

O escalonamento das *vasques* faz-se por degraus, cujo desnível

interna, estão lapiasados, assim como o fundo das próprias plataformas, onde os lápias se vão tornando cupuliformes devido a um longo tempo de inundação (est. XI-B — primeiro plano). Este facto leva alguns autores, entre os quais GUILCHER, a demonstrarem a génese da plataforma com *vasques* a partir de uma lenta dissolução de uma plataforma lapiasada; assim sendo, as actuais plataformas mesolitorais com *vasques* correspondem a antigas plataformas supralitorais que, por subida do nível do mar, foram sujeitas a um tempo de submersão cada vez mais longo.

Além da direcção do escalonamento e do tipo de rebordo, as plataformas de dissolução distinguem-se pelas microformas que modelam a sua superfície. As mais generalizadas são as marmitas ou ouriçangas <sup>(1)</sup> mesolitorais, consideradas formas de dissolução, cujo início se deve ao progressivo crescimento vertical e horizontal das pequenas depressões irregulares do fundo das plataformas. Como já ficou referido, é importante, na evolução das marmitas, a acção abrasiva das correntes de rebentação e dos turbilhões hidráulicos que se formam dentro das próprias marmitas.

As marmitas da parte interna da plataforma de dissolução são pouco profundas e têm contorno arredondado, elíptico ou polilobado, com o eixo maior disposto no sentido da corrente de afluxo, devido ao alargamento por coalescência (est. XI-B) e à consequente destruição dos septos. A profundidade média destas marmitas varia entre 30 e 60 cm (quadro III, Marmitas B), encontrando-se as mais profundas no sector jusante desta plataforma. A dimensão média dos eixos maiores também cresce para jusante; os valores obtidos para este elemento nas marmitas da Ponta do Ouro, Inhaca, Xai-Xai, Závora, Tofo e Barra Falsa variam entre 50 cm e 1 m (quadro III). Como as marmitas vão sendo sucessivamente mais profundas para jusante, a sua abertura por coalescência no sentido do afluxo da rebentação dá origem a que a corrente de refluxo se escoie em cascata, o que contribui para o aprofundamento destas formas. Em regra geral estas marmitas têm pequenos rebordos rochosos lisos ou lapiasados, ou não têm rebordo; no nível de

---

<sup>(1)</sup> O nome de ouriçangas vem de covás feitas na rocha pelos ouriços do mar. Nas ilhas Caraíbas *oriçangas* são as covas (ou lugares de *habitat*) dos ouriços. Todavia, no vocabulário geomorfológico o termo "oriçanga" é usado para designar formas continentais de corrosão pseudocársica.



estagnação da água forma-se uma cornija horizontal, deixada em saliência pela corrosão-abrasão das paredes laterais, lisas. No fundo, também liso, podem ter ou não depósitos de areia.

As marmitas da parte central da plataforma de dissolução (quadro III, Marmitas C) têm dimensões um pouco superiores às da parte interior; predomina a forma arredondada (porque a destruição dos rebordos por coalescência é menos frequente) e são mais profundas (40 a 70 cm). Caracterizam-se por um elevado rebordo rochoso vertical com forma de cratera, de 10 a 70 cm de altura, protegido exteriormente por um revestimento bioconstruído por algas calcárias e balanos (est. XII-A). A formação destes rebordos explica-se pela intensa dissolução do fundo da plataforma que, como foi dito, corresponde a uma área de convergência de água. A fixação de biocenoses construtoras, à volta do rebordo, impede que aí a rocha seja tão rapidamente corroída. Na estampa VI-B podem observar-se várias fases deste fenómeno. Com efeito, é esta parte central da plataforma que apresenta menor rugosidade no fundo e que, em todas as pontas da costa estudada, se alarga na face voltada para norte (est. VI-A e VI-B). Estas marmitas também têm paredes lisas, com cornija horizontal no nível de inundação; o fundo é irregular e, frequentemente, está coberto por areia, conchas e mesmo calhaus; em alguns casos as paredes são povoadas por algas e animais característicos da faixa infralitoral, mas os elevados valores de temperatura e salinidade que atingem durante as baixas-mares diurnas são factores biolimitantes.

Finalmente, no limite externo da plataforma de dissolução, na faixa mesolitoral inferior, as marmitas tanto evoluem por corrosão (aprofundamento) como por abrasão (alargamento). Sempre cheias de água agitada, são as que apresentam valores mais baixos e menos variáveis de pH (entre 6 e 7 na Ponta do Ouro e na Inhaca). São ainda as mais profundas — ultrapassam frequentemente 2 m de profundidade (fig. 7). Porque os septos residuais deixados pela coalescência são rapidamente rebentados pelas ondas carregadas de abrasivos, o alargamento é notável; formam-se autênticas piscinas naturais com diâmetro máximo entre 90 cm e 12 m e mínimo entre 70 cm e 9 m (quadro III — Marmitas D), de contorno multilobado. Não têm rebordos horizontais, devido à forte actividade dos processos de desgaste, e nem sempre conservam a cornija horizontal, também facilmente rebentada pelo impacte da

Localização das amostras	Faixa Supralitoral						Faixa Mesolitoral							
	Lápias		Marmitas A		Marmitas B		Marmitas C		Marmitas D					
	H	G	L	I	P	L	I	P	L	I	P	L	I	P
Ponta do Ouro (E)	6	18	18	20	9	27	25	7	35	30	30	150	76	90
	31	58	40	32	21	103	51	31	90	63	61	490	120	181
	50	90	105	80	28	156	88	47	200	153	88	600	150	260
Ponta Mizandóe (E) (Inhaca)	*	*		*		45	15	7	40	28	18	200	130	120
						98	45	29	110	62	65	380	143	180
						103	73	53	198	90	110	490	200	230
Saco da Inhaca (W)	23	10	10	10	5		*			*			*	
	52	23	49	43	31									
	75	35	75	70	42									
Barreira Vermelha (W) (Inhaca)	13	15	35	30	15		*			*			*	
	48	52	88	65	73									
	63	80	135	100	97									
Xai-Xai (E)	18	33	17	15	21	20	20	20	37	32	25			
	48	53	59	40	43	49	39	38	62	50	63			+
	70	75	87	63	50	65	53	45	83	67	87			
Ponta de Závora (E)	20	15	10	10	5	96	14	15	56	52	55	170	80	130
	62	62	29	23	31	51	36	35	97	88	75	383	103	158
	93	90	33	30	40	80	49	53	130	110	98	450	950	200
Ponta do Tofo (E)	25	20	23	20	13	35	32	12	57	42	20	90	45	70
	67	65	33	27	45	48	38	30	61	53	40	471	263	107
	83	90	44	35	63	64	42	47	89	60	67	1 200	900	180
Ponta da Barra Falsa (E)	+	+	24	18	35	48	45	27	63	50	50	180	70	95
			36	26	44	70	58	62	78	67	71	410	105	178
			52	35	50	100	76	80	90	79	82	570	135	230

Quadro III — Morfometria dos lápias e marmitas do carso litoral, no Sul de Moçambique. São apresentados os valores mínimos, médios e máximos. H = altura (cm), G = ângulo das arestas ( $^{\circ}$ ), L = eixo maior (cm), I = eixo menor (cm), P = profundidade (cm), \* = não existente, + = não medido.

As letras (E) e (W), anexas aos nomes dos lugares de observação, indicam a exposição da costa.

rebentação. As paredes, com cerca de 1,5 a 2 m de altura, são totalmente revestidas por algas, em especial do género *Fucus*, e animais infralitorais; na parte inferior, junto ao fundo, pode observar-se uma pequena sapa de biocorrosão, escavada por espongiários e equinodermes. No fundo, em regra coberto por areia e calhaus, aparecem povoamentos de *Cymodocea*, a fitocenose mais responsável pela variação sazonal do teor em dióxido de carbono (máximo de fotossíntese imediatamente antes da floração). Por vezes a fracturação das camadas inferiores do afloramento rochoso leva à abertura de canais que põem em comunicação o fundo das marmitas com o oceano; através deles penetra a corrente de afluxo, dando origem, durante a enchente, ao fenómeno da elevação de jactos de água em repuxo, dentro das marmitas.

Nos sectores menos batidos desta faixa da plataforma e, em especial para norte da Ponta de Závora, tanto estas marmitas como a maior parte da plataforma aparecem revestidas por mantos quase contínuos de bancos de tubícolas, balanos e algas calcárias (est. XII-B). Embora estas mesmas biocenoses se estendam até ao Cabo de Santa Luzia (costa do Natal), as formas bioconstruídas da faixa mesolitoral inferior são muito pouco extensas, tanto pela progressiva diminuição da temperatura como pela menor largura das plataformas areníticas.

#### *A arriba das plataformas mesolitorais*

O limite externo das plataformas de dissolução é uma pequena arriba de 2 a 4 m de altura, consoante a espessura da camada de arenito de praia.

Nas costas batidas esta arriba é uma forma de abrasão, com perfil vertical e uma sapa sempre submersa; quando o arenito assenta em areia (fig. 10), o escavamento dessa sapa é consequência da acção das correntes turbilhonares do colapso da rebentação, que transportam a areia sobre que assenta o banco rochoso; por outro lado, a eutrofia das águas infralitorais desta área permite a vida de grandes quantidades de seres rupestres destrutores, em especial ouriços e esponjas que tendem a aprofundar a sapa por biocorrosão.

Nas costas não batidas, quando o arenito assenta sobre areia, o perfil da arriba tem um aspecto semelhante ao da costa batida,

apenas de contorno menos sinuoso pelo facto da inexistência de marmitas no rebordo da plataforma. Quando a rocha arenítica em que é talhada a arriba se sobrepõe ou encosta ao conglomerado dos recifes de coral morto, aquela tem um perfil com cornija em visor e sapa côncava muito profunda (fig. 8), denunciando a supremacia dos processos corrosivos. A posição quase infralitoral desta sapa deixa dúvidas sobre a sua relação com o actual nível do mar, pois parece ser uma forma submergida, correlativa da carsificação da plataforma talhada no conglomerado recifal, cujo rebordo exterior ou é escarpado ou em degraus (nas enseadas protegidas das ondas — Saco da Inhaca). Em qualquer dos casos o rebordo está revestido por corais vivos que, abaixo do nível da cimatopausa, constituem uma franja recifal.

Também no revestimento da superfície, as arribas das costas batidas diferem das das costas abrigas, sendo as primeiras totalmente cobertas por algas e as segundas de rocha nua, com ou sem bancos de ostras. Nas fendas e nas cavidades são frequentes patamares (do tipo consola) constituídos por tubícolas.

## V. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS FORMAS CÁRSICAS

Nem em todos os locais estudados, no litoral sul de Moçambique (fig. 1), a sucessão das formas patamar supralitoral e plataforma de dissolução, ou plataforma com *vasques*, se verifica; o modelado destas duas superfícies e dos seus degraus também não é o mesmo em toda a costa. Para não repetir descrições já dadas no texto, resumiu-se, no quadro IV, a distribuição espacial dos tipos de formas e de modelado cársico entre a Ponta de Bartolomeu Dias e a Ponta do Ouro, por ordem da latitude e, tendo em conta a exposição da costa. Da sua análise salientam-se as conclusões que se seguem:

1. Para além da zonação geo-ecológica do litoral, nas pontas, as formas cársicas estão organizadas em função do grau de agitação da água. Assim, nos limites norte e sul de cada ponta, o patamar supralitoral desaparece sob as areias do cordão dunar, logo que deixa de haver convergência das ondas; por essa mesma razão é mais extenso e mais profundamente lapiasado no

LOCAIS DOS PERFIS E EXPOSIÇÃO	PATAMAR SUPRALITORAL		PLATAFORMA MESALITORAL		
	Superfície	Degrau	Plataforma	Arriba	
Ponta de Bartolomeu Dias	N	não carsificada, com crostas peliculares	vertical, alveolizado, pequena sapa	não existe	não existe
Santa Carolina	E*	com marmitas profundas e crostas em laje	alto, com visor e sapa côncava	inclinada (5° E), curta, rugosa, com marmitas entulhadas	vertical, com corais vivos
Mucoque	E*	com pequenas marmitas e lápias destruídos	sub vertical, destruído	com <i>vasques</i> de rebordo de erosão e misto, orientadas para o mar, com marmitas	vertical, com patamar bioconstruído por tubicolas
Ponta da Barra Falsa	E	com lápias truncados e pequenas marmitas	sub vertical, alveolizado	– rampa rochosa com marmitas, coberta de areia	vertical, recortada, com sapa profunda, coberta por algas e com patamares de tubicolas
Ponta do Tofo	E	com crostas peliculares e lápias truncados (a norte)		– com <i>vasques</i> de rebordo rochoso e misto, orientadas para o mar, com marmitas e <i>vasques</i> orientadas para terra no extremo meridional do afloramento	
Ponta Jângamó	E	com lápias alveolizados e pequenas marmitas		– plataformas bioconstruídas por tubicolas	
Ponta de Závora	E				
Chidinguele e Chongoene	ESE	com lápias cupuliformes destruídos	voltado para terra, sub vertical, destruído	com <i>vasques</i> de rebordo de erosão, orientadas para o mar, com marmitas, e <i>vasques</i> orientadas para terra	vertical, coberta por algas
Xai-Xai	SE	com lápias truncados e ponteagudos, alveolizados e marmitas embutidas	voltado para terra vertical, com faixa de ostras e pequena sapa		
	E	embrionário, em nichos talhados na arriba	inclinado liso	– rampa rochosa com marmitas, coberta por areia	vertical, com sapa, coberta por algas
Ponta Mazondóé	NW	com lápias ponteagudos	sub vertical, destruído	– com <i>vasques</i> de rebordo de erosão, orientadas para o mar, com marmitas	
Saco da Inhaca		com lápias aciculares e marmitas interlapias	– vertical, liso e com ostras – sub vertical destruído	inclinada (3°), rugosa, coberta por areia e com rochedos em cogumelo	com visor e sapa côncava profunda
Ponta do Ouro	E	com lápias truncados e aciculares e marmitas interlapias	sub vertical liso, alveolizado e com fendas	com <i>vasques</i> de rebordo rochoso e misto, orientadas para o mar, com marmitas, e orientadas para terra nos extremos	vertical, recortada, com sapa, coberta por algas

Quadro IV — Distribuição das formas cársicas na faixa entremarés, no litoral sul de Moçambique.

\* Significa em costa abrigada.

- sector norte. Também na plataforma mesolitoral se verifica uma dissimetria entre o lado batido e o lado abrigado; no primeiro, as *vasques* são mais curtas, com rebordos predominantemente rochosos ou mistos de arenito e placas bioconstruídas por algas calcárias; os degraus são baixos e numerosos, e as plataformas mais extensas drenam para o interior; as marmitas mais frequentes são as mesolitorais inferiores. Tudo indica que, neste sector, a abrasão controla o balanço dos processos morfogénicos. No lado abrigado, voltado para o norte, acontece o contrário, e as formas existentes indicam que a corrosão é o processo mais eficaz; as *vasques* são extensas e bem escalonadas em apenas dois ou três degraus, sem rebordo ou protegido por balanços; as marmitas mesolitorais inferiores são raras ou ausentes, mas as da parte central da plataforma, com rebordos de 30 a 50 cm, constituem o melhor testemunho da intensa dissolução do carbonato de cálcio. Aqui a água é renovada pela corrente de afluxo, que se espalha na plataforma sem impacte mecânico (est. VI-B).
2. A inexistência de plataforma rochosa na Ponta de Bartolomeu Dias, em virtude da pouca espessura e do fraco grau de consolidação do afloramento de arenito de praia; a inexistência de modelado de corrosão na superfície do patamar, pelo facto de esta se encontrar coberta por areias dunares e, ainda, pelo fraco teor de calcite na rocha.
  3. A inexistência de *vasques* na plataforma mesolitoral da ilha de Santa Catarina e no Saco da Inhaca, que, quase nos extremos latitudinais da área em questão, têm de comum a posição abrigada face às ondas oceânicas, a presença de conglomerados recifais na plataforma e a de recifes de coral vivo no limite exterior da mesma. Só por si a presença dos conglomerados recifais e a dos corais vivos significa uma semelhança de condições ambientais durante o período recente.
  4. A existência de visor e sapa côncava no modelado do degrau do patamar supralitoral nas ilhas e ilhéus de Chiguine, Magarupe e Benguêrua e no sector nordeste da Ponta Mazondoé (ilha da Inhaca, est. VI-B), em condições de exposição diferentes. Embora sejam formas herdadas, no arquipélago de Bazaruto o processo de dissolução continua activo, enquanto na Ponta Mazondoé a acção mecânica das ondas é mais importante.

5. A presença da sucessão morfológica patamar supralitoral e plataforma mesolitoral com *vasques* e marmitas, em todos os perfis de costa aberta à ondulação oceânica, tendo as plataformas de dissolução (ou *vasques*) maior desenvolvimento espacial nos afloramentos que constituem saliência. As mais largas são as plataformas das pontas da Barra Falsa, do Tofo e de Závora (devido ao aumento da amplitude da maré), onde aparecem os mais extensos revestimentos bioconstruídos por tubícolas devido ao aumento da temperatura da água). Nestas costas batidas, o modelado de alveolização é muito intenso, porque os respingos e a salsugem atingem grande altura; nas arribas eolianíticas a alveolização em favo de mel (salsugem e litorinas) estende-se até 2 m acima do nível das preia-mares vivas.

#### CONCLUSÃO

Da tentativa de ponderar os agentes da morfogénese cársica conclui-se que os marinhos são os mais eficazes e, dentre eles, a agitação da água é o mais discriminante, porque controla os processos mecânicos e os bioquímicos. Segue-se-lhe a variação da temperatura da água superficial, que apenas controla os processos bioquímicos.

O mar do arquipélago de Bazaruto associa, à fraca agitação, a temperatura elevada: por isso, a dissolução dos carbonatos só é activa à superfície, junto ao patamar, nas preia-mares, onde e quando se verifica um aumento da agressividade da água, devida à carga de dióxido de carbono expelido pelos seres anfíbios e subaquáticos e à dissolução do mesmo composto atmosférico na faixa de mistura ar-água, criada no embate desta contra a rocha. Daí, nas costas abrigadas das ilhas deste arquipélago, se desenvolverem as mais meridionais arribas com modelado de dissolução típico dos carcos de mares quentes — visor proeminente e sapa alta e côncava — tão característica da morfologia do sector norte da costa moçambicana.

De Mucoque (Vilanculos) à Ponta do Ouro, a decrescente produtividade de dióxido de carbono biológico é compensada pela diminuição da temperatura da água (ainda que quente) e pela sua agitação. Nas costas batidas, a morfologia cársica é caracterizada

pela sucessão de formas híbridas de abrasão e corrosão, típicas das latitudes subtropicais — patamar supralitoral com marmitas e lápias, plataforma mesolitoral com *vasques* e marmitas.

A influência das características litológicas dos arenitos, analisada pela comparação dos quadros III e IV com I e II, é mínima, sobretudo no modelado da faixa entremarés. Apenas duas características parecem ter importância: o grau de consolidação superior ou igual a 3, na conservação dos rebordos rochosos das *vasques* e das marmitas, e a existência de dolomite muito abundante, na diminuição da frequência das marmitas e na redução das suas dimensões (Xai-Xai). No espaço supralitoral a importância da litologia é um pouco maior: a dominância da calcite coincide com a maior frequência de lápias aciculares, e a de dolomite com a presença de lápias cupuliformes: o grau de consolidação inferior ou igual a 2 favorece a destruição das microformas pelos agentes mecânicos: a estratificação fina dos eolianitos favorece a alveolização e o escavamento de *tuffoni*.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDERSSON, T. — Intragranular growth of marine aragonite and Mg-calcite: evidence of precipitation from supersaturated seawater. *Journ. Sed. Petrol.* 1972, 42, pp. 441-460.
- AMBLER, M.P.; CHAPMAN, V.J. — A quantitative study of some factors affecting tide pools. *Trans. Royal Society of New-Zeland*, 78, 1950, pp. 394-409.
- BARRADAS, Lerenó — Rochas do Quaternário da Beira-Mar (Sul de Moçambique). *Mems. Inst. Invest. Cient. Moçambique*, 7, Série B, 1965, pp. 43-84.
- BATTISTINI, R. — Étude géomorphologique de l'extrême Sud de Madagascar. Paris, Ed. Cujas, 1964, 636 p.
- BATTISTINI, R. — Les vasques étagées, formes curieuses des estrans grésocalcaires du Sud de Madagascar, *Rev. de Géographie*, 37, 1980, pp. 63-86.
- BATTISTINI, R. — La morphogenèse des plateformes de corrosion littorale dans les grés calcaires (plateforme supérieure et plateforme à vasques) et le problème des vasques, d'après des observations faites à Madagascar. *Rev. de Géomorphologie Dynamique*, XXX, 3, 1981, pp. 81-94.
- BATTISTINI, R.; GUILCHER, A. — Les plates-formes littorales à vasques en roches calcaires: répartition dans le monde, mer Méditerranée non comprise. in: *Karsts littoraux*. Actes du Colloque de Perpignan, 1982, *Ass. Française de Karstologie*, Mém. 4, 1982, pp. 1-10.
- BIRD, E.; GUILCHER, A. — Observations préliminaires sur les récifs frangants actuels du Kenya et sur les formes littorales associées. *Rev. de Géomorphologie Dynamique*, XXXI, 4, 1982, pp. 113-125.



- CARVALHO, G. Soares de — Notice on sedimentological, chronostratigraphic and geomorphological problems of Inhaca Island. *Mems. Inst. Invest. Cient. Moçambique*, 10, Série B, 1975, pp. 51-74.
- CORBEL, J. — Vitesse de l'érosion. *Zeits. Geomorph.*, 3, 1, 1959, pp. 1-28.
- DALONGEVILLE, M. — Formes littorales de corrosion dans les roches carbonatées au Liban. *Méditerranée*, 30, 3, 1977, pp. 21-33.
- DEBRAT, J.M. — Étude d'un karst calcaire littoral méditerranéen. Exemple du littoral de Nice à Menton. *Méditerranée*, 1974, 2, pp. 63-85.
- EMERY, K.O. — Marine Solution Basins. *Journal of Geology*, 54, 1946, pp. 209-228.
- FOCKE, J.W. — Limestone Cliff Morphology on Curaçao (Netherlands Antilles), with Special Attention to the Origin of Notches and Vermetid/Coralline Algal Surf Benches "cornices", "trottoirs"). *Zeits. Geomorph.*, N.F. 22, 3, 1978, pp. 329-349.
- FÖRSTER, R. — The Geological History of the Sedimentary Basin of Southern Mozambique, and some Aspects of the Origin of the Mozambique Channel. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 17, 1975, pp. 267-287.
- GOUDIE, A. — Further experimental investigation of rock weathering by salt and other mechanical processes. *Zeits. Geomorph.*, N.F., Suppl. Bd. 21, 1974, pp. 1-12.
- GUILCHER, A. — Essai sur la zonation et la distribution des formes littorales de dissolution du calcaire. *Ann. Géog.*, LXII; n.º 331, 1953, pp. 161-179.
- GUILCHER, A.; JOLY, F. — Recherches sur la morphologie de la côte atlantique du Maroc. *Trav. Inst. Scient. Chérifien*, 1954, 140 p.
- HODGKIN, E.P. — Rate of Erosion of Intertidal Limestone. *Zeits. Geomorph.*, 8, 1964, pp. 385-392.
- JENNINGS, J.N. — *Karst*. Cambridge, the M.I.T. Press, 1971, 252 p.
- KOCH, J.H. — Contribuição para o conhecimento da cronologia do Quaternário em Moçambique. *Bol. Serv. Geol. Minas*, 32, 1964.
- LUBCHENCO, J. — Littorina and Fucus: Effects of Herbivores, Substratum Heterogeneity and Plant Escapes during Sucession. *Ecology*, 1983, 64, pp. 1116-1123.
- MACNAE, W.; KALK, M. — *A Natural History of Inhaca Island, Moçambique*. Johannesburg, Witwatersrand University Press, 1950, 163 p.
- MOREIRA, M.E.S. Albergaria — *Glossário de termos usados em Geomorfologia Litoral*. Lisboa, Centro de Estudos Geográficos, 1984, 167 p. polic.
- MOURA, A. Reis — Moluscos dos grés costeiros da Ilha da Inhaca (Moçambique). *Revista de Ciências Biológicas*, 1, Série A, 1968, pp. 19-52.
- MOURA, A. Reis — Contribuição para o conhecimento dos grés costeiros do sul do Save (Moçambique). *Bol. Serv. Geol. Minas Moçambique*, 35, 1969, pp. 30-32.
- MOURA, A. Reis — Contribuição para o conhecimento da Fauna subfóssil do Mucoque (Vilanculos). *Revista de Ciências Biológicas*, 3, Série A, 1970, pp. 55-96.
- NEWELL, R.C. — *Biology of Intertidal Animals*. Londres, Paul Eleck Scientific Books, 1972, 555 p.

- NUNES, A. de Figueiredo — Notas sobre os Grés Costeiros do Sul do Save. *Trab. Inst. Invest. Cient. de Moçambique*, 1, 1961, 14 p.
- PEDRO, G. — Nouvelles recherches sur l'influence des sels dans la désagrégation des roches. *C.R. Acad. Sci.* 244, 1957, pp. 2822-2824.
- POUS, J.M.; CAPARROS, J.A. — Sobre el papel desempeñado por el efecto salino en la génesis de ciertas cavidades kársticas desarrolladas en las líneas de costa. *Speleon*, VIII, 1-2-3-4, 1957, pp. 81-88.
- REVELLE, R.; EMERY, K.O. — Chemical erosion of beach-rock and exposed reef-rock. *Geological Survey U.S.A., Prof. Paper* 260 T, 1957, pp. 699-709.
- SALOMON, J.N. — Contribution a l'étude géographique du littoral malgache: les grés de plage de la région de Tuléar. *Madagascar Rev. de Géographie*, 31, 1977, pp. 123-129.
- SALOMON, J.N. — Les karsts littoraux du Sud-Ouest malgache, et les variations récentes du niveau de la mer. *Karsts littoraux. Actes du Colloque de Perpignan, 1982, Ass. Française de Karstologie, Mém. 4, 1982, pp. 29-40.*
- SAUMELI, E.S.; BELLES, J.F.M.; CUEVA, A.P. — Carst Marino: Estado de la Cuestión. *Estudios Geográficos*, 43, 1, 1982, pp. 411-442.
- SCHNEIDER J. — Biological and Inorganic Factors in the Destruction of Limestone coasts. *Contributions to Sedimentology*, 6, 1976, pp. 1-122.
- SCHÜLKE H. — Quelques types de dépressions fermées littorales et supra-littorales liées à l'action destructive de la mer (Bretagne, Corse, Asturies). *Norois*, 57, 1968, pp. 23-42.
- SOARES, A. Ferreira — A Formação Eolianítica da Ilha de Porto Santo. *Memórias e Notícias*, 75, 1973, 44 p.
- STODDART, D.R.; CANN, J.R. — Nature and origin of Beach Rock. *Journ. Sed. Petrol.*, 1965, 35, pp. 243-247.
- SWEETING, M.M. — *Karst Processes*. Berlin, Gebruder Borntraeger, 1976, 210 p.
- TINLEY, K.L. — Determinants of Coastal Conservation: Dynamics and Diversity of the Environment as Exemplified by the Moçambique Coast. Actas do Simpósio sobre "Environmental Conservation as a Land Use Technic". *SARCUS*, Pretória, 1971, pp. 125-153.
- TRICART, J. — Convergence de phénomènes entre l'action du gel et celle du sel. *Acta Geografica*, 24, 1973, pp. 425-436.
- TRUDGILL, S.T. — The Marine Erosion of Limestones on Aldraba Atoll, Indian Ocean. *Zeits. Geomorph. N.F. Suppl.*, 26, 1976, pp. 164-200.
- VACELET, E. — Etude physico-chimique des plaques supralittorales à salinité variable. *Rec. Trav. Mar. Endoume*, 1959, 29, 17, pp. 5-88.
- VALENTIN, H. — Ein System der zonalen Küstenmorphologie. *Zeits. Geomorph. N.F.*, 23, 2, 1979, pp. 113-131.
- WERGER, M.J.A., Ed. — *Biogeography and Ecology of Southern Africa*, 2 vol. The Hague, Dr. W. Junk Publishers, 1978; vol. I, 659 p.
- ZELLER, E.J.; WRAY, J.L. — Factors influencing precipitation of calcium carbonate. *Bulletin of American Association of Petroleum Geology*, 40, 1, 1956, 140.

## RÉSUMÉ

*Le modelé karstique des falaises et plates-formes d'abrasion-corrosion du littoral sud du Mozambique.* Tout au long du littoral du Mozambique apparaissent des affleurements discontinus de grès calcaire (éolianites et grès de plage) et de conglomérats récifaux sur lesquels se sont développées des formes typiques de karsts littoraux des régions intertropicales et subtropicales.

Dans cet article sont présentées quelques caractéristiques des roches gréseuses conditionnant leur résistance à l'érosion mécanique et à la corrosion (tableaux I et II), les principaux agents et processus morphogéniques, les formes et microformes du karst (tableau III) ainsi que leur localisation dans la région littorale sud (tableau IV).

On a distingué deux types de zonation des formes.

1. La banquette supralittorale avec mares et lapiès, au-dessus du niveau de haute mer la plus élevée, et le grand encorbellement sous-jacent. Sur cette plate-forme, il n'y a pas de vasques et une pellicule de sable et limon couvre des lapiès résiduels où se sont fixées des algues calcaires. Autour de la plate-forme, sur la falaise de basse-mer vive, existe un récif frangeant. Cette zonation typique des mers chaudes se trouve sur des rivages abrités de l'archipel de Bazaruto (Île de St. Carolina, 21° 31' S) où les encoches et les visors continus donnent aux îles et îlots une allure de champignon. Elle est très localisée et moins caractéristique à l'île d'Inhaca, au fond de la baie abritée du Saco da Inhaca.
2. La banquette supralittorale avec mares et lapiès déchiquetés, dans le domaine des embruns et des paquets de mer, sans encorbellement, suivie d'une plate-forme média-littorale à vasques et mares, avec des cloisons rocheuses couvertes d'algues calcaires et de balanes; la falaise de basse-mer est raide et à petite encoche. Ce type de zonation, caractéristique des mers tièdes, se trouve sur le rivage battu, entre Mucoque et Ponta do Ouro, à l'extrême sud.

## SUMMARY

*The karst modelling of cliffs and coastal platforms of Southern Mozambique.* The purpose of this paper is to characterize the zonation patterns of the karst coastal landforms, which develop on the aeolianites and beach rock, along the Southern Mozambique shore.

Two zonation profiles were recognised. One, around inland islands and islets of the Bazaruto Archipelago, typical of warm seas, is characterized by an upper tidal flat, with tide pools and lapias, with visor and notch; on the intertidal platform there is no deep solution forms, only residual lapias covered by calcareous sea-

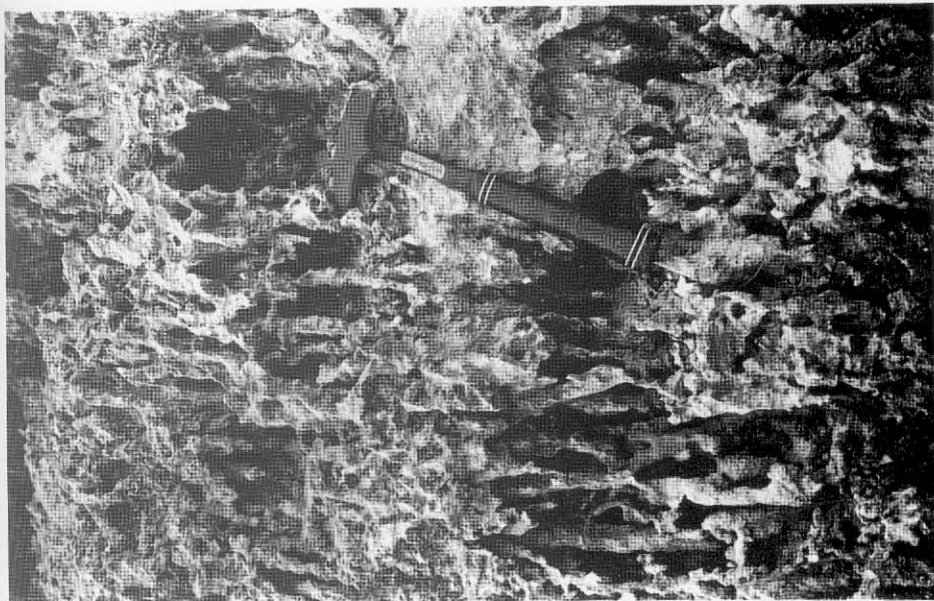
weeds; along infratidal cliff a coral reef can be seen. The other type of zonation, typical of warm-temperate tropical and subtropical seas, can be found on the exposed oceanic shore, between Mucoque and Ponta do Ouro; there, the upper tidal flat has small pools and sharpened lapias at the top, where saltspray dissolution is active, and there is no visor on its cliff; over the strandflat, solution benches are well developed, with rocky or biobuilt rims and pools; the infratidal cliff is straight, covered by *Fucus*, without or with a small notch.



*Est. 1-A* — Eolianito com estratificação horizontal, na parte superior da arriba da Ponta Mazondóe (Ilha da Inhaca).



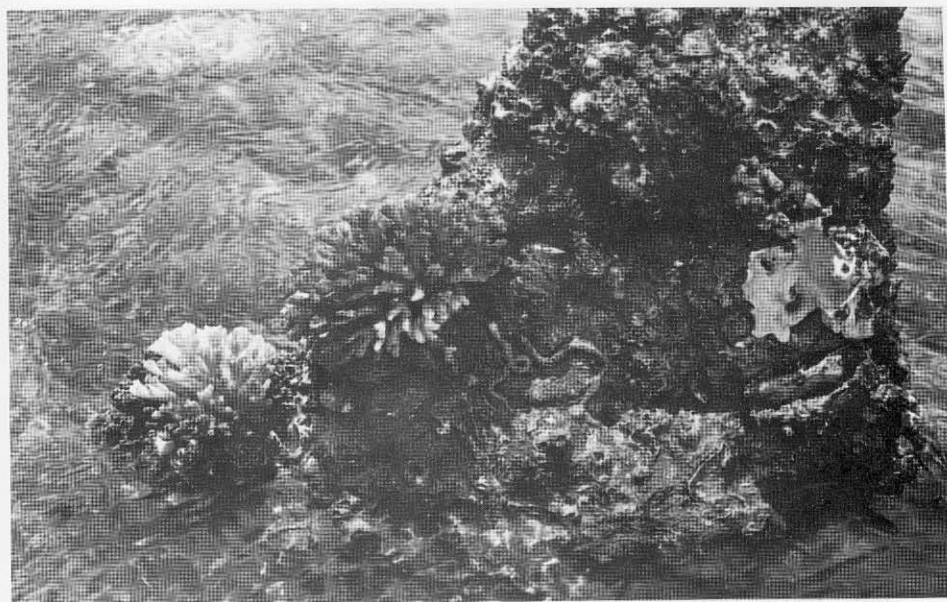
*Est. 1-B* — Arenito de praia com estratificação horizontal, deformada na parte superior por uma estrutura de colapso de ondas — praia alta da península do Inhassôro, 20 km a sul da Ponta de Bartolomeu Dias.



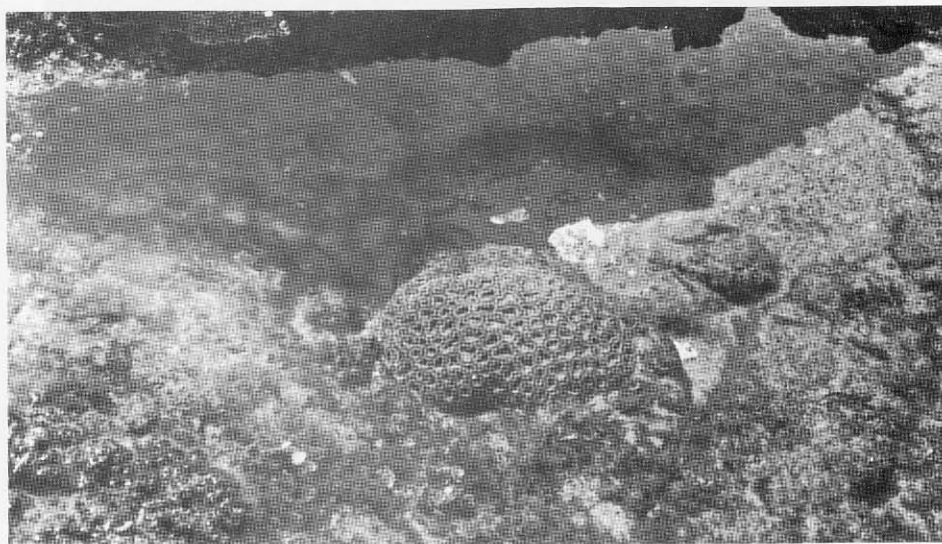
*Est. II-B* — Crostas rizomórficas tubiformes desenvolvidas nos eolianitos da Ponta Mazondoe, actualmente exumadas pelo vento.



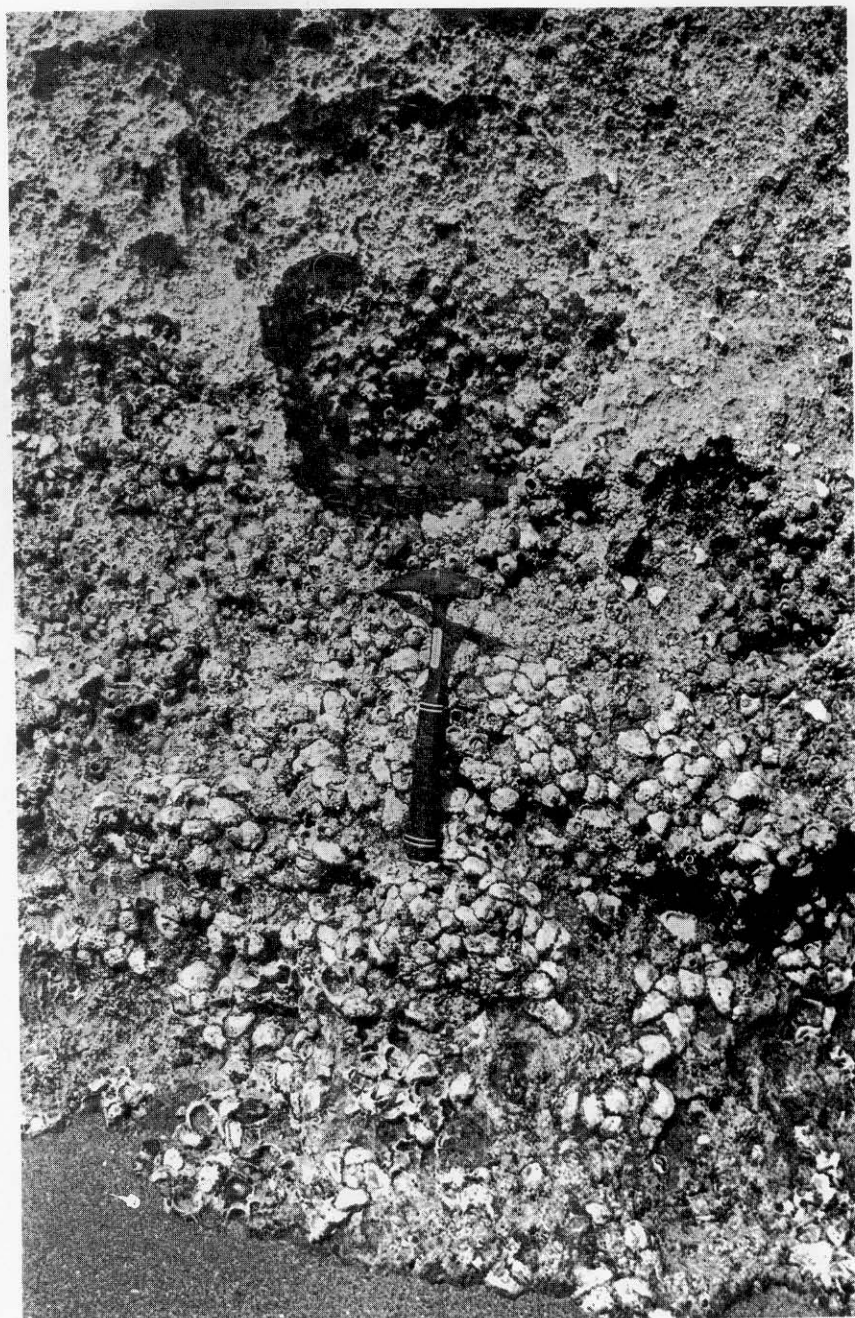
*Est. II-A* — Crostas carbonatadas de tipo pelicular, na arriba da Ponta do Tofo. A crosta inferior aparece no contacto do eoliano com o arenito de praia e tem a face superior ondulada e polida.



Est. III-A — Pináculo de conglomerado recifal endurecido por carbonato de cálcio bioconstruído (verméticos, espongiários e algas), no Saco da Inhaca. No limite inferior do nível atingido pela baixa mar vivem jovens polípeiros de *Acropora seriata*.

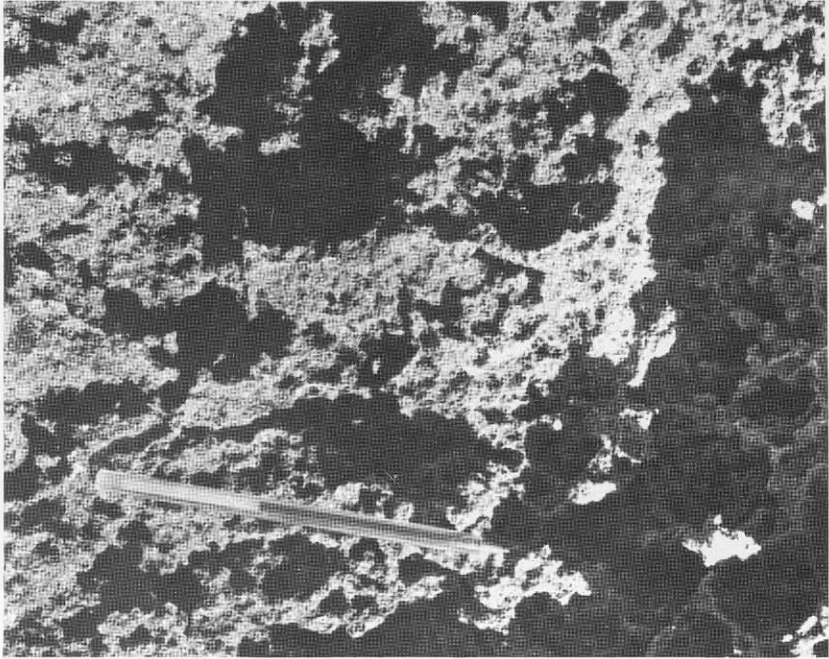


Est. III-B — Plataforma infralitoral sempre submersa, talhada no conglomerado recifal do Saco da Inhaca. A sua superfície, coberta por areia e algas, apresenta um carso fósil, com marmitas entulhadas, que conservam a cornija horizontal, onde se fixam colónias de corais (*Favia okeni*) e espongiários.

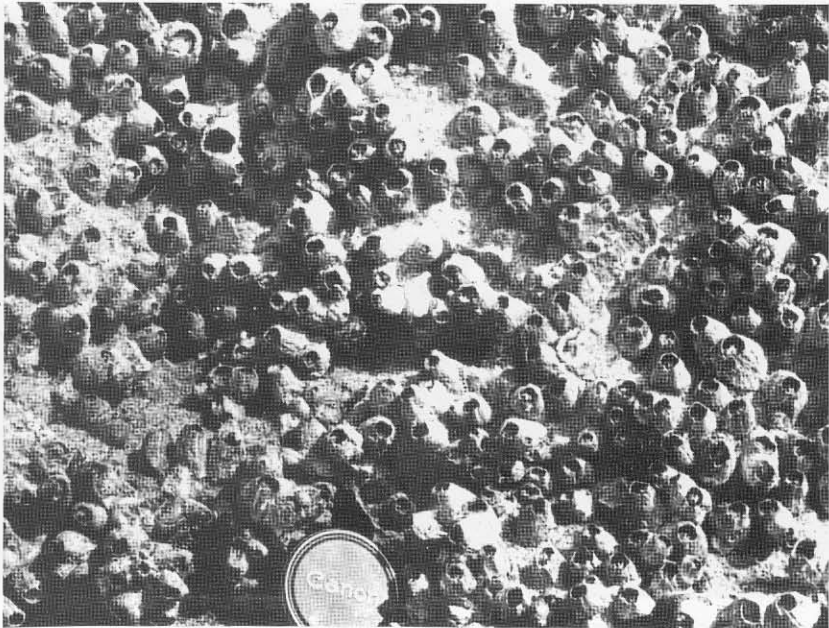


Est. IV-A — Zonação vertical das faixas supralitoral, alveolizada por *Littorina abesa* e *Littorina africana*, e mesolitoral superior, revestida por colónias de *Tetraclita serrata* (craca ou balanos) e *Crassostrea cucullata* (ostra). Arriba da Ponta Mazondóe.

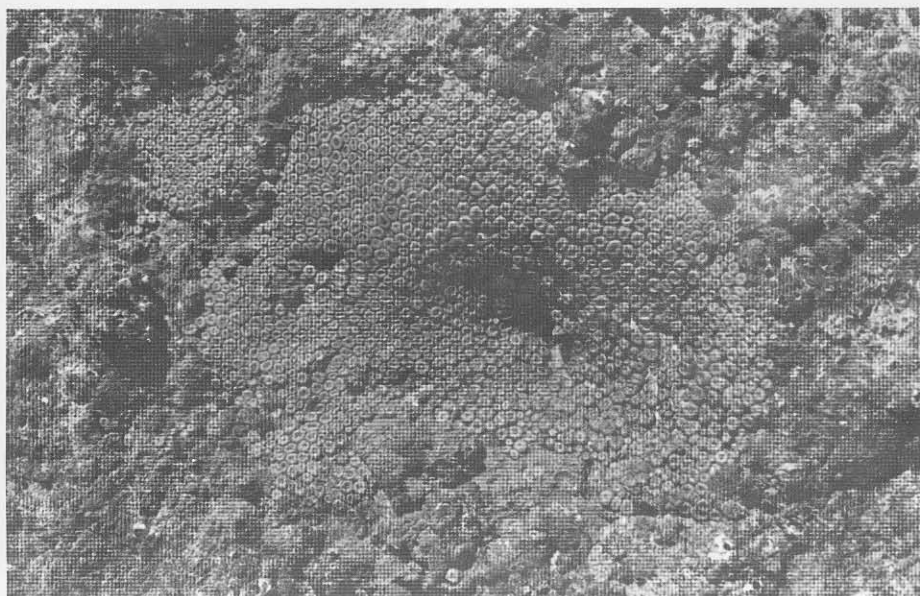




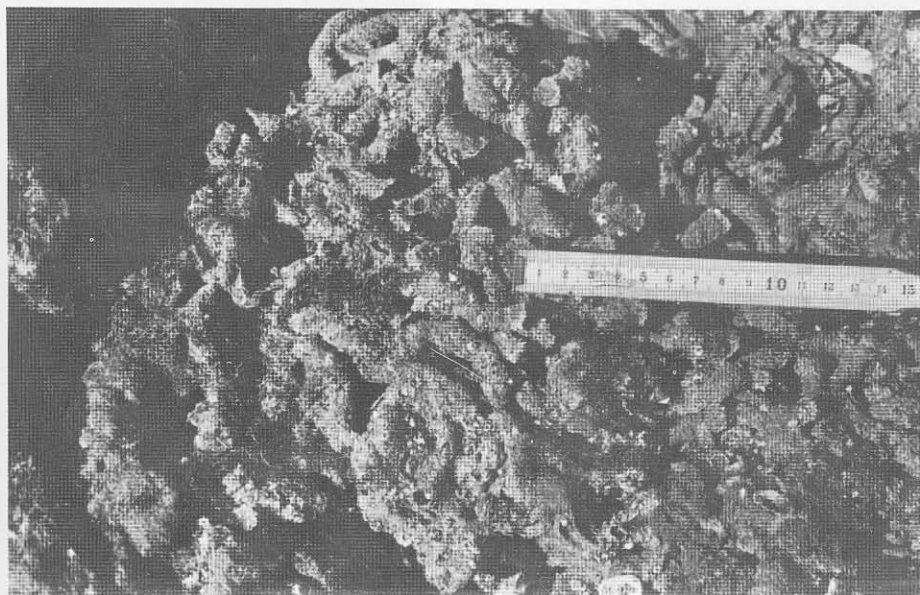
*Est. IV-B* — Pormenor da faixa das litorinas, com alvéolos de biocorrosão do tipo favo de mel.



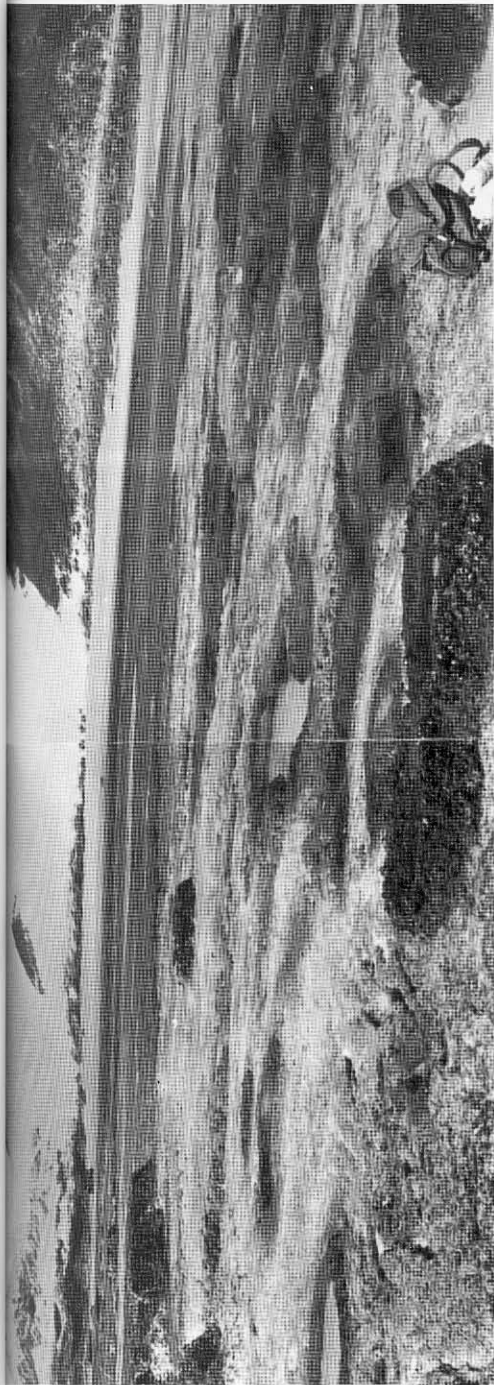
*Est. IV-C* — Pormenor da faixa dos balanos.



Est. V-A — Colónia de zoantídeos (*Zoanthus samsibaricus*) na faixa mesolitoral inferior da plataforma do Tofo.

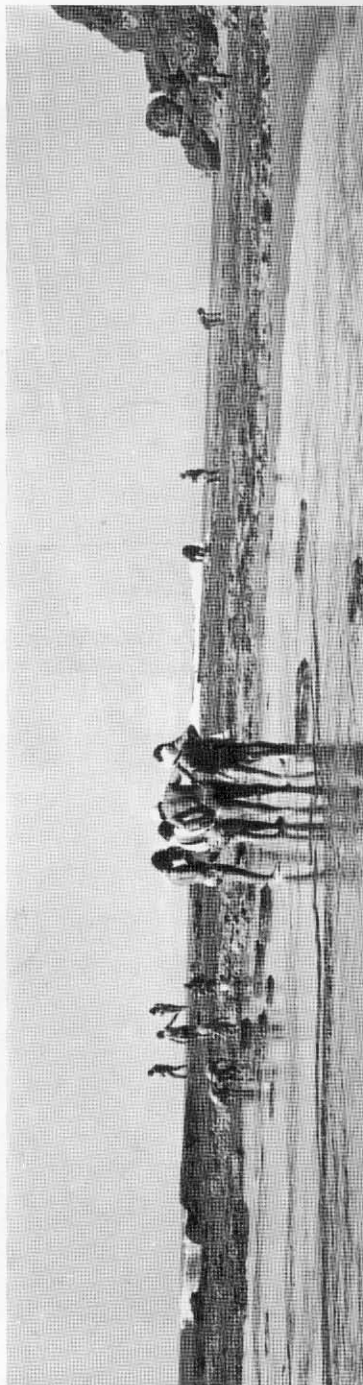


Est. V-B — Colónia de poliquetas tubícolas (*Idanthyrsus pennatus*) sobre o rebordo de uma marmitta e a plataforma mesolitoral inferior.



*Est. VI-A* — Zonação das formas cársicas no litoral da Ponta do Ouro, visto do lado norte, durante uma baixa-mar viva. Note-se: a arriba eoliantífica coberta pela duna, o patamar supralitoral e a plataforma mesolitoral com *vasques* e marmitas.

*Est. VI-B* — Formas de carso litoral da face norte da Ponta Mazondóé. Notar a inexistência do patamar no extremo oriental da arriba (com sapa e visor não actuais) e o seu aparecimento, para ocidente, onde é quase totalmente coberto pelas dunas. Notar ainda as plataformas de dissolução embutidas, com marmitas residuais em várias fases de destruição. Baixa-mar viva.





*Est. VII-A* — Aspecto do litoral oriental do norte da ilha da Inhaca (Ponta Mazondoé), sem patamar supralitoral. Na posição correspondente a este patamar aparecem nichos de abrasão-corrosão ou um degrau de erosão embrionário.



*Est. VII-B* — Aspecto do patamar supralitoral da face norte da Ponta do Ouro. A superfície apresenta lâpias destruídas e marmitas; a micro-arriba tem um perfil de abrasão.



*Est. VII-A* — Aspecto do litoral oriental do norte da ilha da Inhaca (Ponta Mazondoé), sem patamar supralitoral. Na posição correspondente a este patamar aparecem nichos de abrasão-corrosão ou um degrau de erosão embrionário.



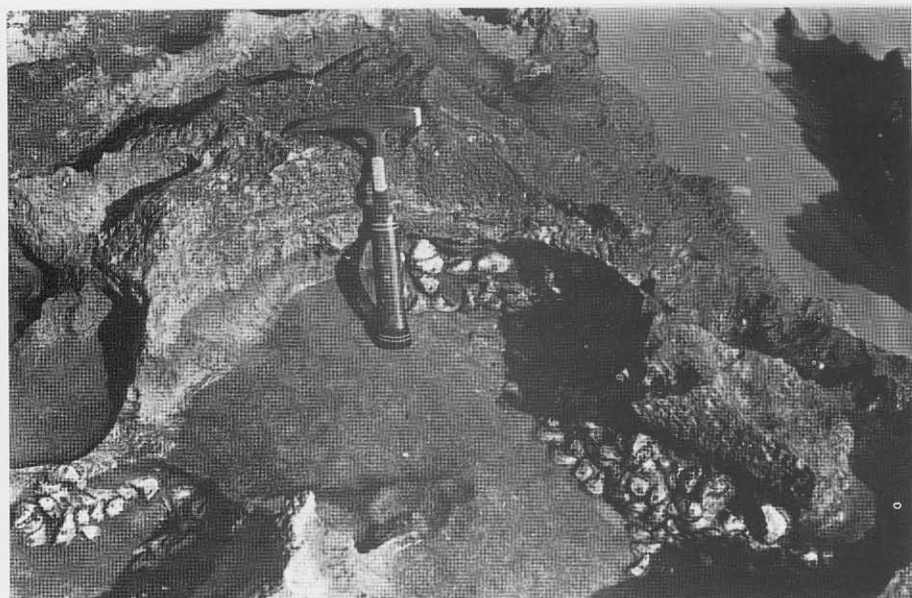
*Est. VII-B* — Aspecto do patamar supralitoral da face norte da Ponta do Ouro. A superfície apresenta lâpias destruídos e marmitas; a micro-arriba tem um perfil de abrasão.



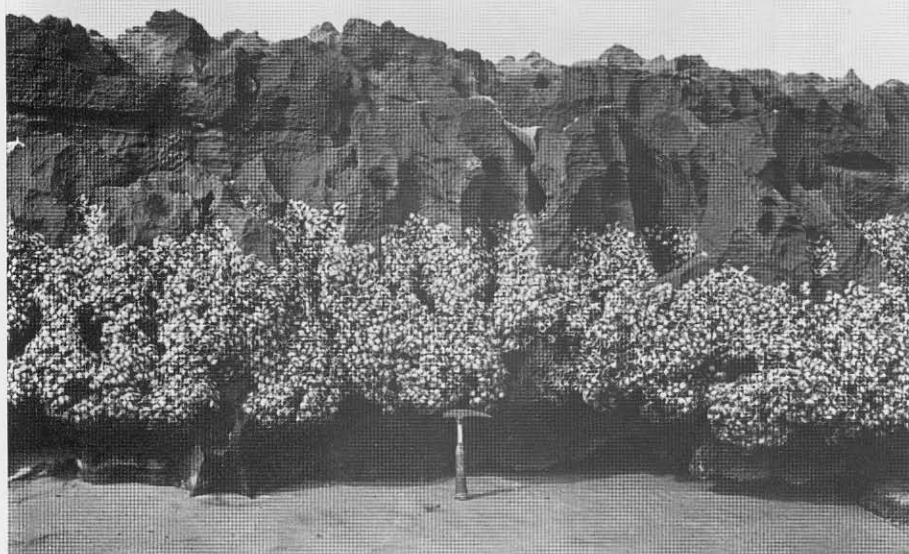
*Est. VIII-A* — Patamares supralitorais nos afloramentos de arenitos de praia do Chongoene. As superfícies, estreitas, apresentam lábias ruiniformes; as micro-arribas são voltadas para terra. No lado oceânico dos afloramentos, em especial do exterior, desenvolvem-se plataformas com *vasques*.



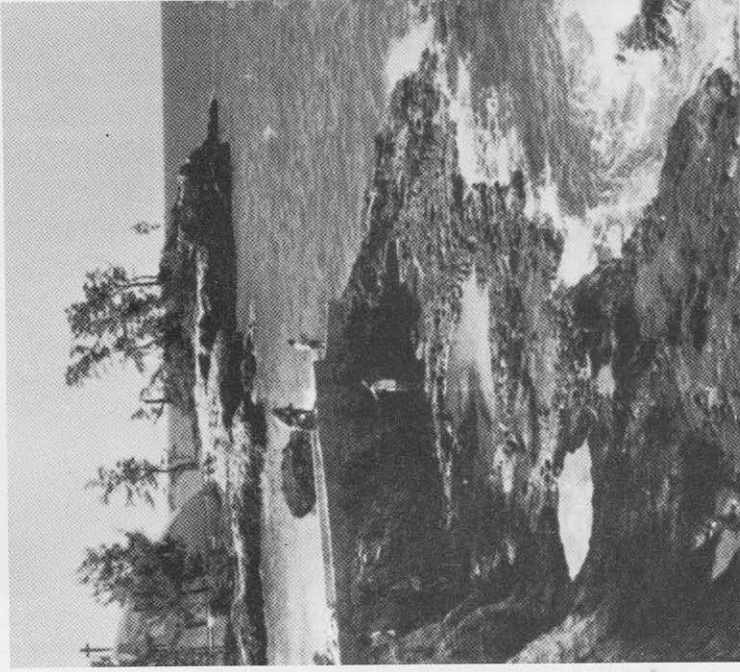
*Est. VIII-B* — Aspecto das formas cársicas do afloramento de arenito de praia do Xai-Xai (Praia Sepúlveda). O patamar supralitoral apresenta a superfície escavada por marmitas; a micro-arriba é voltada para terra; do lado oceânico desenvolvem-se plataformas com *vasques*.



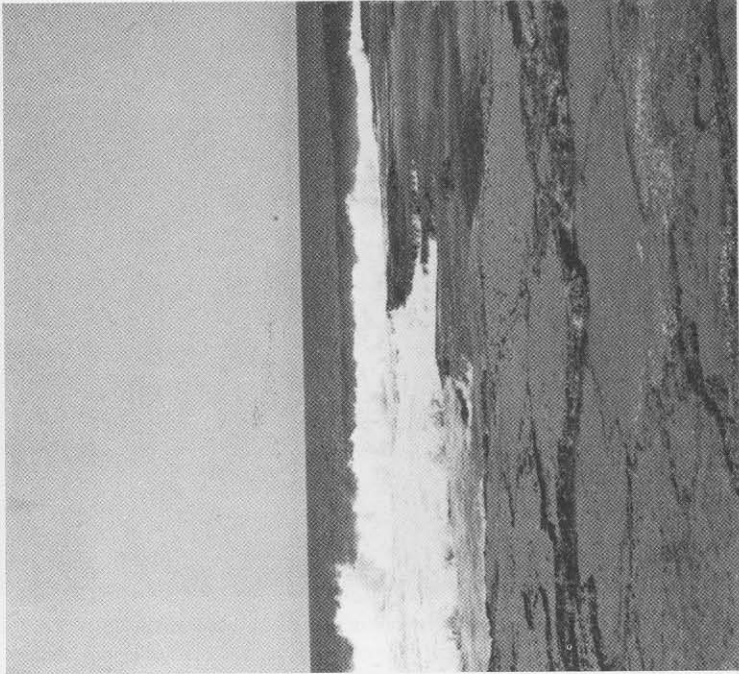
Est. IX-A — Pormenor das marmitas embutidas em escada, no patamar supralitoral do Xai-Xai (Est. VIII-B). Com rebordos rochosos e lapiasados, cornijas horizontais e paredes lisas, revestidas, no lado virado para o mar, por *Crassostraea cucullata*.



Est. IX-B — Aspecto da micro-arriba do patamar supralitoral do Xai-Xai (Est. VIII-B), com lâpias alveolizados na parte superior, um banco de *Crassostraea cucullata* na parte média e uma sapa côncava na parte inferior. Notar a presença de uma crosta calcária no arenito.



Est. X-B — Plataformas de dissolução (ou com *visques*) inclinadas para terra, com rebordos rochosos, no limite externo da plataforma mesolitoral. Nível máximo da preia-mar viva.



Est. X-A — Patamar supralitoral da costa oriental da ilha de Santa Catarina (ou de Chiguine), com profundas marmitas escavadas no eolianito. Nível máximo da preimar viva.

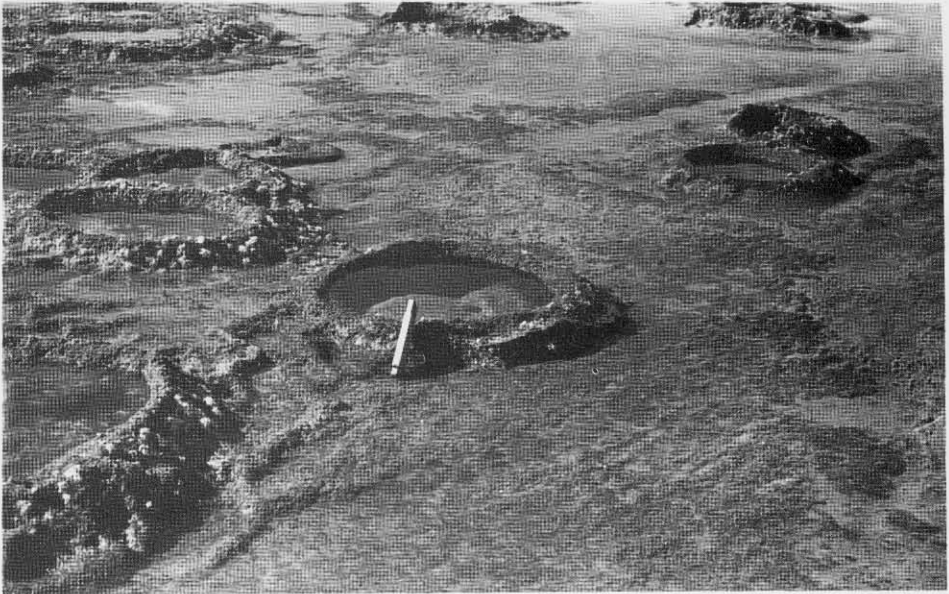




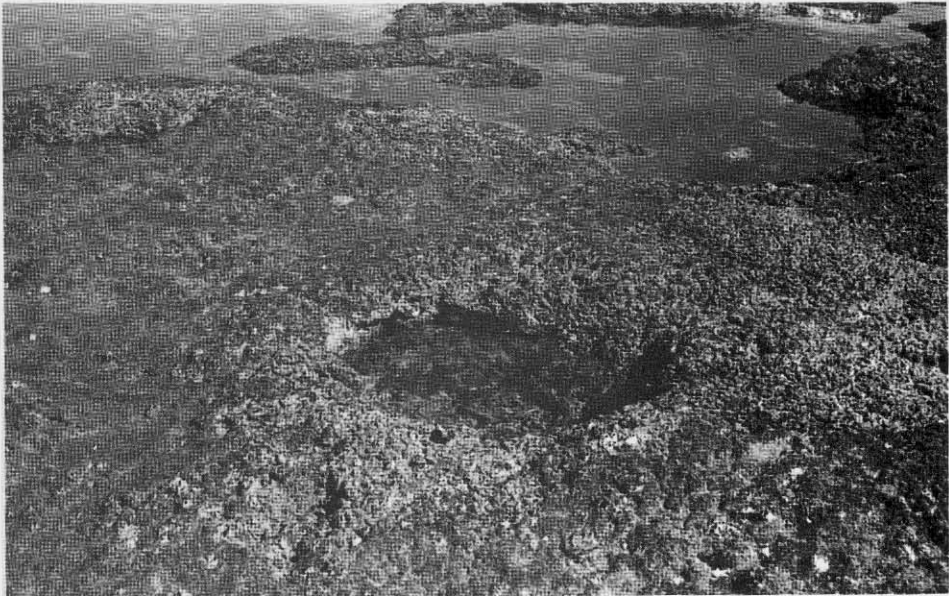
*Est. XI-B* — Marmitas da faixa mesolitoral superior, do lado batido da plataforma da Ponta do Ouro. Sem rebordo, com cornija horizontal proeminente e pouco profundas. Notam-se alguns dos rebordos lapiasados da antiga plataforma de dissolução.



*Est. XI-A* — Plataformas de dissolução inclinadas para o oceano, com rebordos convexos, bioconstruídos (por algas calcárias e serpulídeos) e mistos, na plataforma da Ponta da Barra Falsa.



Est. XII-A — Marmitas da faixa mesolitoral, do lado abrigado da plataforma da Ponta do Tofo. O rebordo, rochoso, está protegido externamente por algas calcárias e balanos. Notam-se resíduos de rebordos de *vasques*, na plataforma.



Est. XII-B — Marmitas da faixa mesolitoral inferior, alargadas, sem rebordo e sem cornija, revestidas, tal como a plataforma, por espessas bioconstruções de tubícolas (*Idanthyrsus pennatus*).