

MORFODINÂMICA DA ILHA DO FAROL, ATOL DAS ROCAS – ATLÂNTICO SUL

Anderson Pereira Lino^{1,2}

Adriana Maria Cunha da Silva²

Natan Silva Pereira^{1,2}

Cícero Vicente Ferreira Junior^{1,2}

Jéssica Pâmela Gomes de Souza²

doi:10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v24n2p65-81

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências – UFPE. Recife, Pernambuco, Brasil.

² Universidade do Estado da Bahia. UNEB – *Campus VIII*: Depto. de Educação,

Laboratório de Geologia e Sedimentologia – LAGES. - Paulo Afonso – BA.

amcunha@uneb.br; natansp_bio@hotmail.com; c.vicentejr@yahoo.com.br;

jessicapamela_al@hotmail.com

RESUMO

O Atol das Rocas representa o único atol do Atlântico Sul e sua evolução envolve uma complexa relação entre processos físicos, químicos e biológicos que resulta na formação de um recife biogênico e um depósito de sedimentos carbonáticos. A Ilha do Farol representa um dos depósitos acumulados na porção NO do Atol e serve de abrigo para duas bases científicas. Essa ilha vem sofrendo modificações desde os primeiros levantamentos sobre a sua geomorfologia. Com o propósito de investigar as modificações ocorridas na Ilha do Farol, o presente estudo realizou uma campanha de campo em maio de 2012 à Reserva Biológica para realizar um novo mapeamento geomorfológico e um estudo morfodinâmico da ilha a fim de compreender e inferir como a dinâmica sedimentar está se comportando nesse local. A partir do mapeamento foi possível observar um crescimento de 9000 m² nos últimos 3 anos, em comparação com estudos anteriores, e que a ilha vem sofrendo constantes modificações. A Ilha do Farol pode ser dividida em três setores: o setor Oeste apresentou uma extensão máxima de 22,4 m e uma retração no estirâncio de 6,92 m e uma perda de volume sedimentar de aproximadamente 28,94 m³/m, representando assim o setor de maior energia; o setor Norte apresentou uma progradação de 0,71m e uma perda de volume 2,82 m³/m; o setor Leste se caracterizou por ser o ambiente que mais sofreu deposição, quantificada em 3,84 m³/m, com uma progradação de 4,4 m. A classificação geral do diâmetro médio indicou uma fração variante de areia média a muito grossa (1,47 a -0,60 Ø). O desvio padrão foi classificado como moderadamente selecionado para toda ilha, com uma média de 0,71 Ø. A ilha apresenta grande mobilidade de sedimentos que resulta em constantes modificações em sua morfologia e os dados levantados aqui indicam que a Ilha do Farol apresenta uma tendência a um aumento a partir de uma deposição no sentido horizontal, fato que pode estar correlacionado ao aumento na produção de partículas biogênicas ou a fatores hidrodinâmicos locais ainda desconhecidos.

Palavra chave: Sedimentologia, Mapeamento, Complexo Recifal, Perfil praiial.

ABSTRACT

The Rocas Atoll is the only one in the South Atlantic Ocean which evolved by an intrinsic and complex relationship between physical, chemical and biological processes, that resulted in a biogenic reef with carbonatic deposits. Farol Island represents one of the carbonatic deposits accumulated in the NW portion of the Rocas Atoll, where there are two scientific stations. This cay is marked by intense morphological changes since the first mapping. In order to better understand the mechanism that governs the dynamics of the sediments in this cay, a scientific expedition was carried out during the months of May and June of 2012 for the Rocas Atoll aiming to conduct a geomorphological mapping and a study of the morphodynamic of the Farol Island. Data from this mapping revealed that the island grew about 9,000 m² in the last three years, compared to previous studies, and presented constant changes since its first mapping in 1959. The Island can be divided into three sectors: the Sector West had a maximum length of 22.4 m and a decrease of 6.92m in the foreshore, which represent a loss in the sediment volume of approximately 28.94 m³/m, representing the highest energy sector; the Northern sector presented a progradation of 0.71 m and a volume loss of 2.82 m³/m; the East sector was characterized as the environment dominated by deposition, which was quantified as 3.84 m³/m, with a progradation of 4.4 m. Sedimentological analysis indicated a sediment varying from medium to very coarse sand (1.47 to -0.60 Ø). The sorting was classified as moderately sorted for the entire island, with an average of 0.71 Ø. The Farol Island has shown great mobility of sediment, which results in constant changes on its morphology and the data collected here indicate that this cay has tendency to an increasing process of deposition in the horizontal direction, fact that might be related to increased production of biogenic particles by local organisms or caused by local hydrodynamic factors that are still unknown.

Keywords: Sedimentology, Mapping, Reef Complex, Profile Beach.

INTRODUÇÃO

Ambientes recifais vêm sendo objeto de extensivos estudos sedimentológicos (Kukul 1971, Kikuchi 1994, Moyle & Cech 1996), uma vez que representam um ambiente sedimentar particular, formado por uma complexa relação entre processos físicos, químicos e biológicos que interferem diretamente na geração e deposição de sedimentos biogênicos e não-biogênicos (Pereira et al. 2013).

Atualmente, a classificação dos ambientes recifais é feita principalmente por sua morfologia, tamanho e proximidade da costa (Tucker & Wright 1990), sendo encontrados basicamente sob duas formas: os recifes de coral costeiros e

os atóis. Hoje, em todo o mundo, são conhecidos 425 atóis, sendo 27 destes encontrados no Oceano Atlântico e apenas um no Atlântico Sul, na margem continental do Nordeste brasileiro, o Atol das Rocas (Kikuchi 1994).

A morfologia dos ambientes recifais é bastante complexa, apresentando um grande número de feições específicas a cada ambiente recifal. O grau de exposição e a intensidade da ação das ondas são de grande importância na determinação da estrutura e morfologia recifal (Kench & Brander 2006, Barry et al. 2007).

Os aspectos geomorfológicos do Atol das Rocas foram anteriormente estudados por Andrade

(1959), Ottman (1963), Kikuchi (1994) e Pereira et al. (2010), onde inferiram que Rocas possui em sua formação três ilhas arenosas. Duas delas, a Ilha do Farol e a Ilha do Cemitério, localizadas a sotavento (porção NO) no interior do atol e são os únicos locais que ficam emersos durante a preamar, sendo estas influenciadas pela ação dos ventos, marés, correntes, ondas, biota marinha e terrestre; e uma menos desenvolvida, localizada na porção SE do complexo, a Ilha Zulú (Soares et al. 2009, Pereira et al. 2013), sendo todas compostas por sedimentos carbonáticos de origem biogênica que são produzidos localmente.

No entanto, até os dias de hoje, poucos estudos têm abordado o desenvolvimento da morfologia de ilhas recifais e o papel da interação morfodinâmica com seu desenvolvimento (Richmond 1992, Cowell & Kench 2001, Kench & Cowell 2001, Dickinson 2004, Kench & Mclean 2004, Kench et al. 2005, Kench & Brander 2006), visto que estes estudos tendem a enfatizar que a formação das ilhas em cada atol é única.

Desse modo, diante dessas colocações e levando em consideração que os estudos dos parâmetros estatísticos em corpos sedimentares bioclásticos têm sido uma ferramenta

útil na compreensão dos principais agentes que atuam nesses locais e interferem na dinâmica sedimentar, o presente estudo apresenta uma comparação entre as estruturas dos perfis da Ilha do Farol em um intervalo de tempo significativo, a fim de compreender a dinâmica sedimentar em Rocas.

Área de estudo

A Reserva Biológica (Rebio) do Atol das Rocas constitui a primeira reserva marinha criada no Brasil (Lei nº 83 549 de 5 de junho de 1979), se estendendo até a profundidade de 1000 metros e cresce sobre um monte submarino, possuindo uma extensão de aproximadamente 7.200ha. É formado principalmente por algas coralinas e com feições geomorfológicas atípicas, caracterizando um ambiente insular oceânico (Brasil 2007).

O Atol das Rocas (Fig.1) é um dos menores do mundo e está situado a 267 km da cidade de Natal-RN e a 148 km a oeste de Fernando de Noronha, entre as coordenadas com latitudes 03°45'S a 03°56'S e longitudes 33°37'O a 33°56'O e possui uma área de aproximadamente 6,56 km² (Kikuchi 2002, Brasil 2007, Pereira et al. 2010).

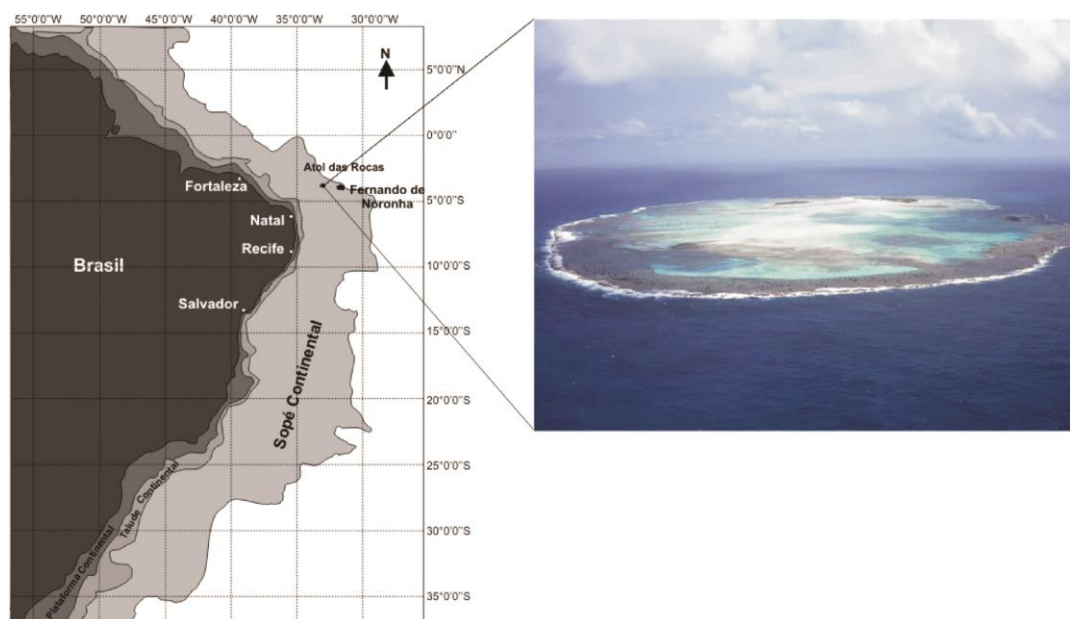


Figura 1- Localização geográfica e vista aérea do Atol das Rocas. Adaptado de Pereira et al. (2010).

O complexo recifal é banhado pela corrente Sul Equatorial, com velocidade de 30 cm.s^{-1} e direção constante para O (Ekau & Knoppers 1996, Goes 2006, Richardson & Walsh 1986). Como não possui tábua de maré própria, utiliza-se a do Arquipélago de Fernando de Noronha como referência, sendo suas marés classificadas por Kikuchi (2002) como semidiurnas.

Os ventos predominantes são provenientes de L e SE, podendo se intensificar durante o inverno, gerando ondas na porção SE (Barlavento), ocasionando, inclusive, grandes arrebentações O e SO (sotavento) do atol (Kikuchi 1994, Gherardi & Bosence 2001).

Ilhas arenosas

As duas principais ilhas arenosas estão situadas na região NO do recife. A Ilha do Cemitério tem um formato trapezoidal e possui sua base maior voltada para NE. A Ilha do Farol tem um formato mais alongado assemelhando-se a um anzol (Brasil 2007).

De acordo com Pereira (2011), a Ilha do Farol possui uma área de aproximadamente 156.000 m^2 , com 674 m em seu eixo maior e 327 m no menor, além de 1.800 m de extensão litorânea. Nesta Ilha é onde estão situadas as bases de pesquisa, as ruínas do antigo farol e o novo farol. Em sua morfologia é possível perceber a Baía da Lama, que é uma pequena enseada que seca durante a baixa-mar.

O sedimento das ilhas é predominantemente de composição calcária, tendo como composição fragmentos de algas calcárias, corais, moluscos, gastrópodes, além de outros elementos bioclásticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para desenvolvimento deste estudo, foi realizada uma campanha de campo à Reserva Biológica do Atol das Rocas no período de maio a junho de 2012.

Mapeamento Geomorfológico

O mapeamento foi realizado durante a baixa-mar através de *Global*

System Position (GPS), tendo seus dados posteriormente processados no software *TrackMaker*. Para a confecção do mapa, foram utilizados como auxílio os mapeamentos anteriormente realizados por Andrade (1959), Kikuchi & Leão (1997) e Pereira (2011), sendo estes processados em software específico para ilustração gráfica.

Perfil Praial

A metodologia utilizada para os perfis foi descrita por Garcia & Piedade (1987) e utilizada por Ferreira (1999) e Pereira (2011), sendo esses dados posteriormente processados no software específico. Os perfis foram realizados em duplicata durante a baixa-mar, nos dias 31 de maio de 2012 e 09 de junho de 2012, onde se adotou os mesmos referenciais de nível (RN) utilizados por Pereira et al. (2010), sendo esses descritos como setor Oeste (Base Antiga) 03°51'34.14"S e 33°48'58.02"O; setor Norte (Naufrágio) 03°51'22.86"S e 033°48'48.36"O; e setor Leste (Base Nova) 03°51'34.32"S e 033°48'52.56"O.

Para o cálculo dos volumes remanejados entre os levantamentos, foram realizados *plots* utilizando um programa de contorno de superfície e mapeamento 3D, com os resultados expressos em metro cúbico por metro linear (m³/m).

Deriva litorânea

Os dados hidrodinâmicos (velocidade e direção das correntes e dos ventos) foram coletados, a fim de conhecer o padrão hidrodinâmico que atua na Ilha do Farol. Os dados de altura da maré foram obtidos previamente no site da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), sendo determinado que a coleta fosse

realizada no dia 07/06/2012, quando a maré marcava uma altura de 2,5 m. Já os dados referentes à direção do vento foram gerados a partir de instrumentos como boias à deriva (*Buoys*) e estações de superfície marítima de navios em rota ou fixos (*SHIP*), utilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (CPTEC/INMET), que indicaram ventos com direção SSE e velocidade de 16,2 m/s, para este dia.

Para a determinação da velocidade e direção da corrente, foi utilizada a metodologia proposta por Pereira et al. (2010), nos mesmos locais onde foram realizados os perfis, um derivador adaptado foi lançado a 5 metros da linha de maré, contabilizando o tempo que este percorreu 10 m paralelos a linha de costa. Para uma melhor precisão, este procedimento foi realizado em triplicata, sendo a velocidade da corrente dada através da média.

Sedimentologia

Foram coletadas manualmente em cada perfil, durante a baixa-mar, duas amostras com cerca de 300 g de sedimento, sendo uma na pós-praia e outra na antepraia.

O estudo granulométrico foi realizado a partir de uma análise mecânica dos sedimentos segundo a escala de Wentworth, utilizando a metodologia proposta por Suguio (1973). Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas e levadas ao peneirador tipo “*ro-tap*” por 10 minutos, na qual foram separadas por frações: -1 Ø, 0 Ø, 1 Ø, 2 Ø, 3 Ø, 4 Ø e < 4 Ø, correspondendo respectivamente a cascalho fino (CF), areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF), areia muito fina (AMF) e fração lama (silte + argila).

Os dados obtidos foram processados no software Sysgran 3.0 (Camargo 2006), onde foram inferidas análises estatísticas e interpretação granulométrica segundo escalas de Folk & Ward (1957), sendo considerados os valores de diâmetro médio, desvio padrão e assimetria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morfodinâmica da ilha

A Ilha do Farol apresenta 700 m em seu eixo maior e 370 m no menor e uma extensão litorânea de aproximadamente 1800 m. Esta vem sofrendo constantes modificações em sua morfologia, podendo este fato ser uma resposta à dinâmica local (Fig. 2).

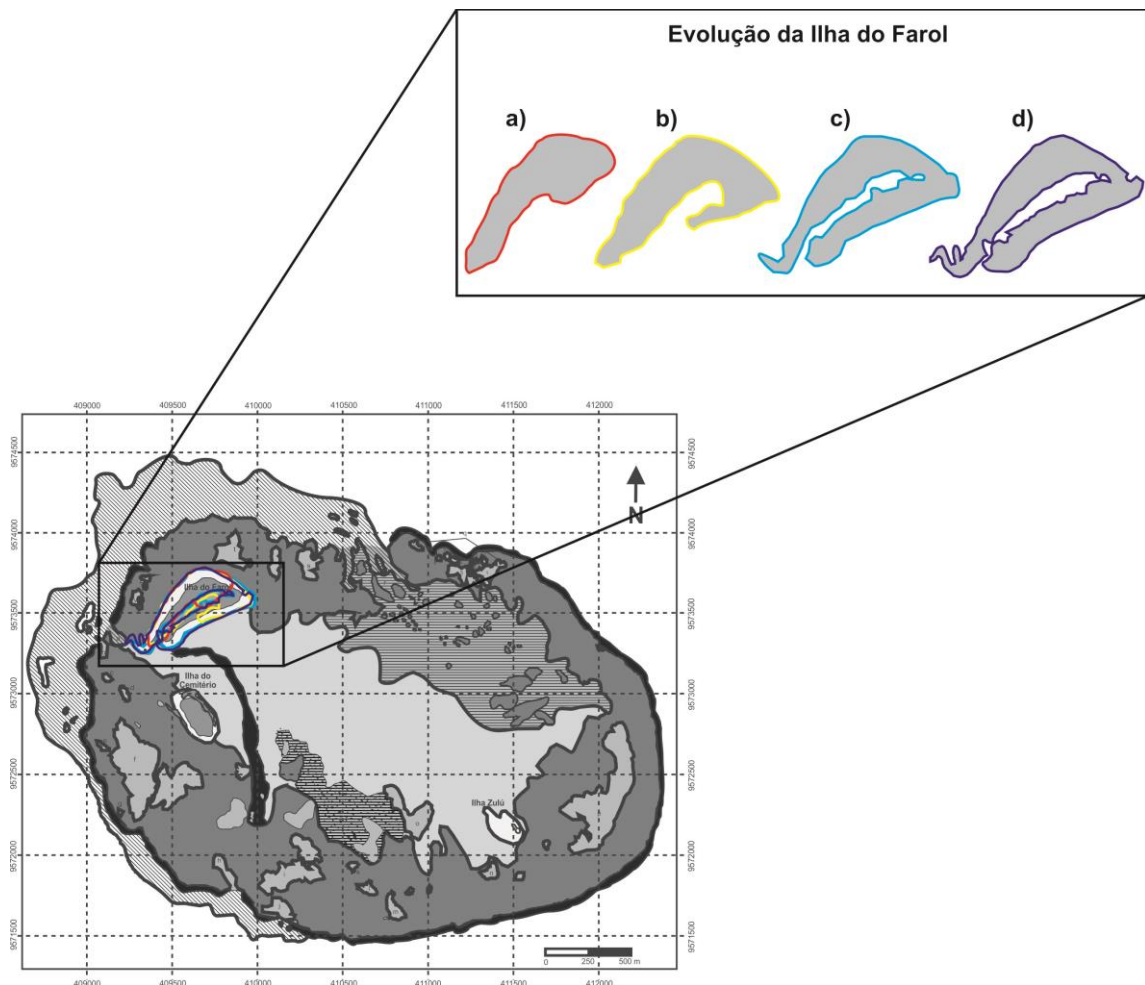


Figura 2- Evolução da Ilha do Farol nos últimos 53 anos. a) Andrade (1959); b) Kikuchi & Leão (1997); c) Pereira et al. (2010); d) Junho de 2012, realizado neste trabalho. Modificado de Pereira et al. (2010).

No Atol das Rocas, a dinâmica sedimentar está diretamente relacionada à remoção, transporte e deposição de sedimentos através da ação das ondas e da hidrodinâmica interna do atol. A hidrodinâmica interna de Rocas é influenciada pelo fluxo da Corrente Sul Equatorial

durante a preamar e que tem sentido SE-NO, isso favorece o acúmulo de sedimentos na porção NO do atol, onde se encontra a Ilha do Farol e pode explicar por que essa ilha encontra-se em constante modificação e uma tendência à acumulação de sedimentos.

Essa acreção ou erosão, que pode ser vertical ou lateral, podendo ocorrer simultaneamente ou até mesmo um se sobrepor em relação ao outro, realizam modificações na ilha, que de acordo com Pereira (2011), esse acréscimo sedimentar pode estar correlacionado ao aumento da hidrodinâmica local ou aumento na produção de carbonatos biogênicos que favorece a remoção de sedimentos da laguna ou depósito sedimentar e deposição na Ilha do Farol.

O mapeamento mostrou uma maior definição na Baía da Lama, que caracteriza um canal de maré, também evidenciado por Pereira et al. (2010), apresentando uma abertura de entrada no canal mais fechada, provavelmente devido à deposição sedimentar proveniente dos setores Oeste e Leste, provocada principalmente por ondulações, que desloca sedimento do setor Oeste para dentro da baía; e uma abertura interna maior que está comprometendo a estrutura da base antiga. Outra característica foi uma deposição sedimentar ao final do setor Oeste. Essa deposição é sazonal, porém vem realizando um acréscimo considerável à morfologia da ilha. Tais tipos de variações já foram observadas por outros autores em estudos realizados em diferentes atóis, como o trabalho realizado por Woodroffe (2008), que estudou a influência do aumento do nível do mar sobre a topografia em ilhas de atóis e

constatou que estas ilhas são susceptíveis às mudanças morfológicas, principalmente se tiverem em sua formação materiais não litificados.

Com sua extensão praial de 1800 m, a Ilha do Farol foi setorialmente dividida de acordo com a proposta de Pereira et al. (2010), ficando particionada em três setores (Figura 03), que apresentam uma extensão litorânea de 675 m para o setor Oeste; 433 m para o setor Norte e 620 m para o setor Leste, além e uma área de aproximadamente 165000m², que quando comparada com perímetros anteriores, pode-se constatar uma acreção sedimentar na área de aproximadamente 56000 m² (33,9%) nos últimos 53 anos, sendo 9000 m² (5,4%) apenas entre 2009 e 2012. Webb & Kench (2010) em estudo semelhante em 27 atóis do Oceano Pacífico, notificaram que todas as ilhas sofreram mudanças morfológicas durante o período de estudo. No atol Tarawa, localizado na República do Kiribati, que possui quatro ilhas, três delas urbanizadas (Betio, Bairiki e Nanikai), apresentou um aumento máximo de área de 30% para a Ilha Betio, enquanto Buariki (a quarta e maior ilha deste atol) teve um aumento de 2%, em um período de 40 anos. Já as ilhas do atol Pingelap mantiveram-se relativamente estáveis, com um aumento inferior a 2% em um período de 62 anos.

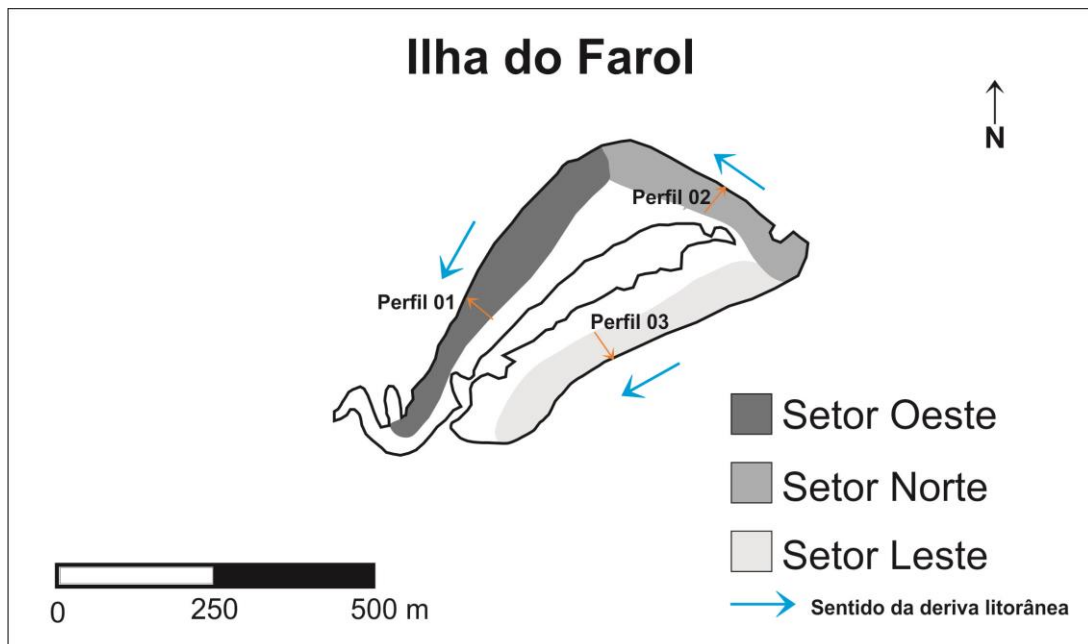


Figura 3 - Representação da divisão setorial da Ilha do Farol, Atol das Rocas.

A Tabela 1 mostra os resultados dos primeiros perfis obtidos por Pereira et al. (2010), que serviram

como parâmetro base para uma melhor análise setorial comparativa da ilha.

Tabela 1 - Dados obtidos por Pereira et al. (2010), tomados como referência para análise setorial entre perfis nos últimos três anos.

PARÂMETROS	SETOR					
	Oeste		Norte		Leste	
Largura máxima da praia (m)	29,5		27,9		29,5	
Altura máxima da praia em relação ao platô (m)	3,2		2,7		1,9	
Volume de sedimento remanejado entre perfis A e B (m ³ /m)	-1,42		-2,82		-0,94	
Velocidade da corrente litorânea (m/s)	0,068		0,3		0,076	
	Pós-praia	Antepraia	Pós-praia	Antepraia	Pós-praia	Antepraia
Diâmetro médio do sedimento (Ø)	0,62	0,64	1,37	-0,29	1,06	1,03
Classificação granulométrica	AG	AG	AM	AMG	AM	AM
Grau de selecionamento	MS	MS	MS	MS	MS	MS

Legenda: AMG – Areia Muito Grossa, AG – Areia Grossa, AM – Areia Média, MS – Moderadamente Selecionado.

Setor oeste

com uma altura máxima da praia de 3,32 m, relativa ao platô recifal.

O setor Oeste apresentou uma extensão máxima de 22,4 m (Fig. 4),

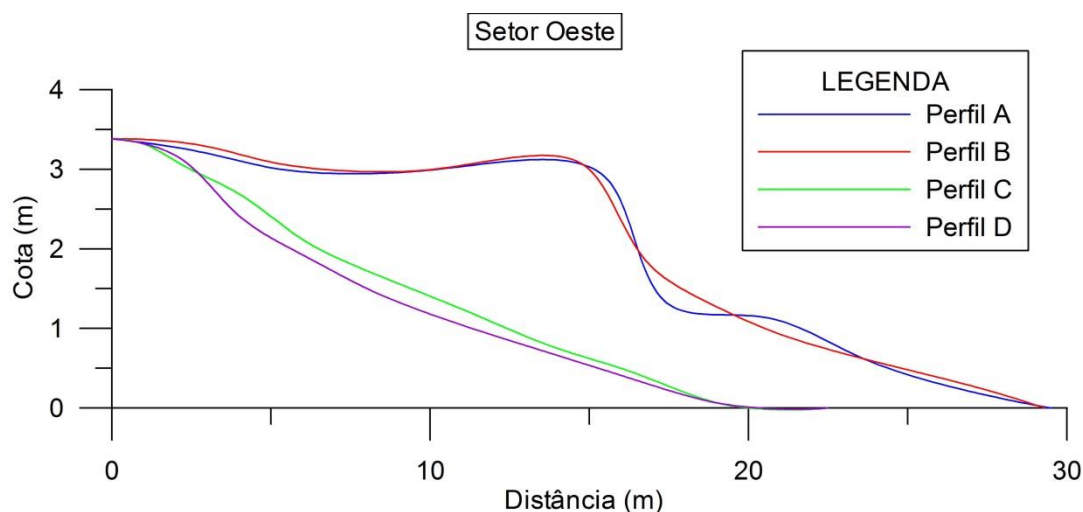


Figura 4 - Representação topográfica dos perfis do setor Oeste - (A) dia 21/06/09 e (B) dia 26/06/09, realizados por Pereira et al. (2010); (C) dia 31/05/12 e (D) dia 09/06/12, realizados neste trabalho.

A velocidade média de corrente da deriva litorânea mensurada foi de 0,084 m/s. A análise sedimentológica realizada nas amostras da antepraia e pós-praia da 1ª coleta, mostraram, uma fração de sedimento AG com diâmetro médio de 0,14 Ø para a antepraia e um sedimento com fração AM com diâmetro de 1,08 Ø para a pós-praia. Na 2ª coleta a análise mostrou uma fração de sedimento AG, com diâmetro médio de 0,13 Ø (antepraia) e 0,96 Ø (pós-praia). Em ambas as coletas o sedimento foi classificado como moderadamente selecionado (MS). Os resultados quantitativos obtidos nestes perfis, C e D, mostraram uma pequena perda de sedimento de 2,32 m³/m.

Nos últimos três anos (Tabela 1 e Fig. 4), o setor oeste sofreu uma retração em seu estirâncio de aproximadamente 6,92 m, com uma perda de sedimento total de

aproximadamente 28,94 m³/m. Tendo o Perfil A como referência, pode-se constatar que os Perfis C e D sofreram uma retração quantificada de 28,94 m³/m e 31,26 m³/m, respectivamente. Levando em conta essas considerações, é possível afirmar que o mesmo é um ambiente de alta energia e possui uma alta dinâmica sedimentar, uma vez que sofre frequentemente com a arrebatção de ondas, fator que modela a praia desse setor e consequentemente caracteriza a área como tendenciosa à erosão.

Setor norte

Este setor apresentou uma extensão máxima de 24,01 m (Fig. 5), com uma altura máxima da praia de 2,64 m e uma velocidade média de corrente da deriva litorânea de 0,21 m/s, recebendo influência de correntes de sentido O e NO.

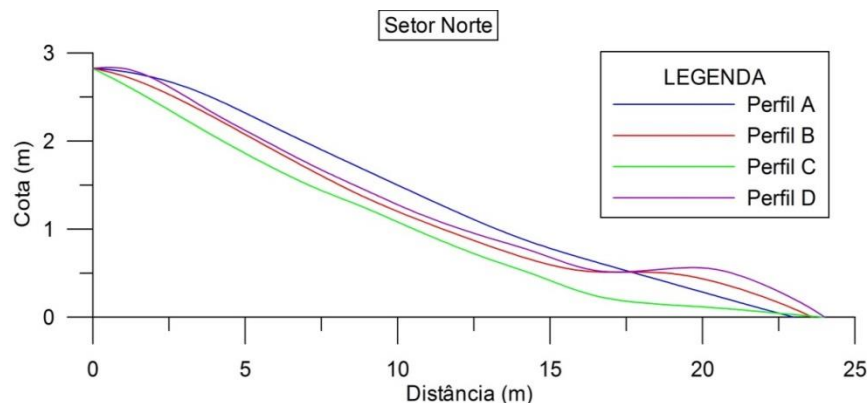


Figura 5 - Representação topográfica dos perfis do setor Norte - (A) dia 21/06/09 e (B) dia 26/06/09, realizados por Pereira et al. (2010); (C) dia 31/05/12 e (D) dia 09/06/12, realizados neste trabalho.

Análises sedimentológicas na 1ª coleta apresentaram para a antepraia um sedimento com diâmetro médio de $-0,60 \phi$ com fração AMG, e, para a pós-praia, um sedimento com diâmetro médio de $1,33 \phi$ e fração AM. Já a 2ª coleta apresentou para a antepraia um sedimento com diâmetro médio de $0,73 \phi$ com fração AG e para a pós-praia um sedimento com fração AM e diâmetro médio de $1,31 \phi$. Em ambas as coletas o sedimento foi classificado como MS. Os resultados quantitativos obtidos neste perfil, perfil C e D, mostraram uma deposição de sedimento de $6,64 \text{ m}^3/\text{m}$.

Nesses três anos (Tabela 01 e Figura 05), o setor Norte sofreu uma

progradação de aproximadamente 0,71 m, o que comprova que este setor é um ambiente de baixa energia e sofre pouca influência das ondas, sendo o seu dinamismo sedimentar controlado por pequenas ondas secundárias provenientes do interior do atol.

Setor leste

O setor Leste apresentou a maior extensão máxima de todos os perfis, sendo essa de 34,16 m (Figura 06), com uma altura máxima da praia de 2,05 m, relativa ao platô e uma de velocidade média de corrente da deriva litorânea de 0,15 m/s.

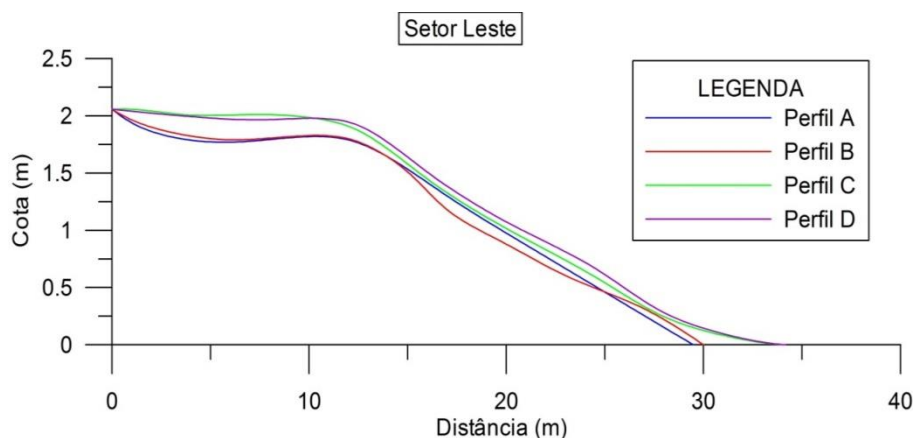


Figura 6 - Representação topográfica dos perfis do setor Leste - (A) dia 21/06/09 e (B) dia 26/06/09, realizados por Pereira et al. (2010); (C) dia 31/05/12 e (D) dia 09/06/12, realizados neste trabalho.

A antepraia apresentou um sedimento com fração AMG e diâmetro médio de -0,23 Ø na 1ª Coleta e -0,20 Ø na 2ª Coleta. Já a pós-praia apresentou um sedimento com fração AM, com diâmetro médio de 1,47 Ø na 1ª Coleta e 1,39 Ø na 2ª Coleta. Em ambas as coletas o sedimento foi classificado como MS. Os resultados quantitativos obtidos nestes perfis, C e D, mostraram um pequeno ganho de material sedimentar de 0,84 m³/m.

No período analisado (Tabela 01), o setor leste sofreu uma progradação de 4,4 m, com um ganho de sedimento por deposição horizontal e vertical de aproximadamente 3,84 m³/m. Este setor é caracterizado como um ambiente de baixa energia, uma vez que é banhado pela laguna central, sujeito a ação de apenas algumas ondulações que atuam obliquamente à face praial, que combinado com a maré e os ventos compõe a energia hidrodinâmica capaz de produzir alterações morfológicas. Tais mudanças apresentam uma tendência deposicional que pode ser uma resposta a dois fatores: (1) aumento na produção de bioclastos dentro do complexo recifal de Rocas; (2) realocação de sedimentos provenientes de outros locais do atol, promovido pela hidrodinâmica interna do mesmo.

Estudos sobre os mecanismos de distribuição sedimentar no Atol das Rocas, realizados por Ottman (1963), Kikuchi (1994) e Gherardi (1996), demonstraram que esse transporte é realizado pelo sentido barla-sotavento. Analisando o contexto de transporte em toda a Ilha do Farol, é possível inferir que a mesma está crescendo por acreção horizontal, ou seja, o sedimento está sendo transportado e depositado nas laterais dos setores. Este fator pode estar relacionado principalmente ao aumento da

produção de bioclastos no próprio atol nos últimos três anos, que são carreados durante a preamar, sendo ali depositados.

Todo esse volume de remoção e realocação, tanto vertical como horizontal, foi descrito por Barry et al. (2007), como sendo simples de entender, porém difícil para se quantificar, uma vez que a

^{C)} Anderson Pereira Lino et al.

^{N)} dificuldades para obtenção dos dados para estudo e o limite máximo para expansão dessas ilhas ser o complexo recifal, sendo isso também descrito por Stoddaart (1965) e Stodaddart & Steeers (1977) em seus estudos sobre a influência de exposição à energia a que as ilhas estão sujeitas.

Outro fator relevante no que tange ao processo de transporte sedimentar, principalmente nos setores em comunicação direta com a laguna, foi descrito por Darwin (1842) que, em estudos nas Ilhas Cocos, onde são encontradas mais de 20 ilhas ao redor da laguna central, sendo duas delas alongadas (*West Island* e *South Island*), inferiu que toda a deposição nesses locais é realizada unicamente por adição sedimentar nas margens; e por Woodroffle & Morrison (2001), que analisando a acreção e o desenvolvimento do solo na Ilha Mankin, Pacífico Central, verificaram que a mesma possui uma geomorfologia simples que vem se modificado há 2500 anos, principalmente pela sedimentação uniforme composta predominantemente por foraminíferos que provavelmente se desenvolvem no platô recifal exterior e são depositados na ilha quando mortos, onde o maior volume de acumulação está no setor leste, setor este que fica em contato direto com a laguna central, localização semelhante a do Atol das

Rocas, correspondendo ao maior grau de acreção sedimentar.

Sedimentologia

Suguio (1980) define quatro razões para que seja feita a análise granulométrica de sedimentos: ela é a base para que o sedimento seja precisamente descrito; a deposição em certos ambientes pode ser uma

característica da distribuição; o estudo é capaz de fornecer dados sobre os processos físicos aos quais os sedimentos ficaram expostos durante a sedimentação; e a granulometria pode estar correlacionada com outros parâmetros. A Tabela 2 descreve os resultados obtidos através da análise granulométrica das amostras do presente estudo.

Tabela 2 - Resultados da análise granulométrica dos sedimentos da Ilha do Farol.

PARÂMETROS		SETOR					
		Oeste		Norte		Leste	
		Pós-praia	Antepraia	Pós-praia	Antepraia	Pós-praia	Antepraia
1ª Coleta	Diâmetro médio do grão ($\emptyset$)	1,08	0,14	1,33	-0,60	1,47	-0,23
	Classificação granulométrica	AM	AG	AM	AMG	AM	AMG
	Grau de seleção (Desvio Padrão)	0,51	0,80	0,67	0,67	0,60	0,86
	Classificação quanto ao grau de seleção	MS	MS	MS	MS	MS	MS
	Assimetria	0,53	0,31	-0,59	-0,11	-0,32	0,02
	Classificação simétrica	MP	MP	MN	N	MN	AS
2ª Coleta	Diâmetro médio do grão ($\emptyset$)	0,96	0,12	1,31	0,73	1,39	-0,20
	Classificação granulométrica	AG	AG	AM	AG	AM	AMG
	Grau de seleção (Desvio Padrão)	0,59	0,80	0,70	0,81	0,50	0,97
	Classificação quanto ao grau de seleção	MS	MS	MS	MS	MS	MS
	Assimetria	0,25	0,25	-0,60	-0,001	-0,51	0,10
	Classificação simétrica	P	P	MN	AS	MN	P

Legenda: AMG – Areia Muito Grossa, AG – Areia Grossa, AM – Areia Média, MS – Moderadamente Seleccionado, MP – Muito Positiva, MN – Muito Negativa, N – Negativa, AS – Aproximadamente Simétrica.

Diâmetro médio

O diâmetro Médio está relacionado com a média do tamanho dos grãos, que são afetados pelo processo deposicional e velocidade da corrente (Aloisi et al. 1978). As análises amostradas, segundo o tamanho do diâmetro médio do sedimento estiveram classificadas como: AMG, AG e AM. A fração predominante na Ilha do Farol foi AG

com 37,2%, seguido por AM com 28,8%.

No geral, na Ilha do Farol, o diâmetro médio variou entre AM e AG, com intervalos inteiros de ϕ entre 1,47 $\emptyset$ a -0,60 $\emptyset$ (Tabela 02), com uma média de 0,62 $\emptyset$. Analisando separadamente, a fração predominante de toda a pós-praia e antepraia da ilha foi AG com 31,2%, seguido de AMG com 29,2% para a pós-praia e 43% e 28,5% para a antepraia. Tais valores

permitem inferir que a deposição das partículas pelos agentes geológicos é d Anderson Pereira Lino et al.

d o trabalho realizado por Pereira et al. (2010), que evidenciou para as amostras de toda a ilha uma distribuição variante entre AM e AMG (1,37 a -0,96 Ø, média de 0,44 Ø).

Desvio padrão

Segundo Muehe (1994), o desvio padrão é a descrição da dispersão em relação à média. Em ambas as coletas o grau de selecionamento, para toda a ilha, foi descrito como MS, com uma média de 0,71 Ø (Tabela 02). A partir dos valores médios de seleção, obteve-se para toda a pós-praia um grau de selecionamento também MS (0,59 Ø) e para toda a antepraia um grau moderadamente bem selecionado (0,82 Ø). É possível notar que o grau de selecionamento cresce ao passo que o diâmetro médio do grão aumenta, um padrão similar ao encontrado por Stoddard (1964), ao estudar sedimentos carbonáticos biogênicos em *Half Moon Cay*, nas Honduras Britânicas.

Pereira (2011) encontrou para todo o atol uma seleção variante de pobremente a muito bem selecionada, com uma média de grau de selecionamento de 0,97 Ø, correspondendo à classificação MS, porém, o local com distribuições melhor selecionadas foi a Ilha do Farol. Esta característica decorre do fato de o atol estar sobre a influência intensa de um regime de maré que modifica a hidrodinâmica a partir da ação das ondas e correntes resultando no selecionamento dos grãos com a remoção das partículas finas para o depósito sedimentar e melhor selecionamento das frações mais grossas nas ilhas.

Assimetria

variaram de -0,60 a 0,53, dominando a classificação muito negativa (33,3%) e a classificação negativa foi a menos expressiva (8,3%) (Tabela 02). As frações médias apresentaram uma pequena tendência à assimetria negativa, enquanto que as frações mais grossas tenderam à assimetria positiva, condizendo com os dados de estudo semelhantes realizados por Pereira et al. (2010) no Atol das Rocas. Analisando todos os dados, os picos nos valores encontrados para assimetria pode estar diretamente relacionado à diferença nos níveis de energia das ondas nesses setores.

A predominância de assimetria negativa na Ilha do Farol pode estar relacionada ao processo deposicional ocorrido durante a preamar, acarretado pela corrente interna, que deposita materiais mais grossos no estirâncio dos setores e remove os particulados mais finos para o depósito sedimentar, fato este comprovado pela predominância de variação de AG a AMG em toda extensão da antepraia em todos os setores.

CONCLUSÕES

O levantamento geomorfológico dos últimos 53 anos, evidenciou um crescimento da ilha, com diferenças significativas entre os perfis, principalmente nos últimos três anos, podendo esse fato estar relacionado com o aumento da hidrodinâmica interna associado ao aumento da produção de bioclastos. O estudo da morfodinâmica revelou que a ilha apresenta uma dinâmica sedimentar bastante intensa com modificações sazonais em seus setores e uma tendência para progradação horizontal nos setores Norte e Leste,

podendo ser considerados como estáveis. O setor Oeste merece uma maior atenção, uma vez que representa o setor de maior mobilidade sedimentar da Ilha do Farol e apresentando a maior taxa de erosão dentre todos os perfis, deixando em risco uma das estações científicas da Reserva Biológica.

A classificação sedimentológica variante entre as maiores frações e o grau de seleção classificado como MS, revela o estado da atuação da hidrodinâmica em cada setor da ilha, uma vez que a remoção dos particulados mais finos vem ocorrendo em todos os setores, tornando-se mais evidentes nos locais de maior incidência de energia das ondas, como o setor Oeste e Norte (em menor escala), sendo tal fato também comprovado pela classificação simétrica desse sedimento.

Os dados apresentados trazem um novo banco de informações que servirão como base na construção de uma compreensão mais aprofundada sobre a morfodinâmica da Ilha do Farol, uma árdua tarefa devido às dificuldades logísticas para coleta de dados.

REFERÊNCIAS

- Aloisi, R. R., Perecin, D., Boni, N. R. 1978. Granulometria da fração areia de alguns perfis de solos de Aripuanã – MT. *ACTA Amazônica* (ISSN 1809-4302), 8 (2):129-132, Manaus, AM, Brasil. Disponível em <https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/8-2/PDF/v8n2a02.pdf>
- Andrade, G. O. 1959. O recife anular das Rocas: Um registro das recentes variações eustáticas no Atlântico Equatorial. *Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, 12:29-61, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Barry, S. J., Cowell, P. J., Woodroffe, C. D. 2007. A morphodynamic model of reef-island development on atolls. *Sedimentary Geology*, 197(1-2):47-63.
- Brasil. 2007 - Plano de Manejo para a Reserva Biológica do Atol das Rocas. Brasília., Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, DF, Brasil. 241p. http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio_atol-das-rocas.pdf
- Camargo, M.G. 2006. SYSGRAN: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 36(2):371-378. Disponível em: <https://dl.dropboxusercontent.com/u/85015358/WP/sysgran.pdf>
- Cowell, P. J. & Kench, P. S. 2001. The morphological response of atoll islands to sea-level rise. Part 1: modifications to the Shoreface Translation Model. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), Special Issue (34):633–644, Hamilton, New Zealand. Disponível em <http://www.jstor.org/discover/10.2307/25736329?uid=37601&uid=3737664&uid=129&uid=2134&uid=5909624&uid=2&uid=70&uid=37600&uid=3&uid=67&uid=62&sid=21104567811187>
- Darwin, C. 1842. The structure and Distribution of Coral reefs. Smith, Elder & Co., Cornhill, Reino Unido. 256p. Disponível em http://darwin-online.org.uk/converted/published/1842_Coral_F271/1842_Coral_F271.html
- Dickinson, W. R. 2004. Impacts of eustasy and hydro-isostasy on the evolution and landforms of Pacific atolls. *Palaeogeography*,

- Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 213:251–269.
- Ekau, W. & Knoppers, B. A. (eds.) 1996. Sedimentation processes and productivity in the continental shelf waters off east and Northeast Brazil. Cruise Report and first results of the Brazilian German project JOPS-II (Joint Oceanographic Projects), pp.139–147, Center for Tropical Marine Ecology, Bremen, Alemanha.
- Ferreira, E. R. 1999. *Morfodinâmica praias e previsão de ondas em ambientes de baixa energia – Paraia de Fora, Baía Sul, Ilha de Santa Catarina*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Geociências, Porto Alegre. (não publicado). 66p.
- Folk, R. & Ward, N. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameter. *Journal of Sedimentary Petrology* (ISSN 1527-1404), 27(1):544–550. Disponível em http://www.er.uqam.ca/nobel/aqqua1/articles/Folk_Ward_27%281%29-3.pdf
- Garcia, G. J. & Piedade, G. C. R. 1987. Topografia aplicada a Ciências Agrárias. Nobel, São Paulo, Brasil. 256 p. ISBN: 8521301332.
- Gherardi, D.F.M. (1996) - Recent carbonate sedimentation on the coralline-algal Atol das Rocas, equatorial South Atlantic, Brazil. PhD Thesis in Geology, Universidade de Londres, 353p. Londres, Inglaterra. Não Publicado.
- Gherardi, D. F. M. & Bosence, D. W. J. 2001. Composition and community structure the coralline alga reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. *Coral Reefs*, 19(3):205–219. doi:10.1007/s003380000100.
- Goes, C. A. 2006. *Análise da dispersão de larvas de lagostas no Atlântico Tropical a partir de correntes geostroficas superficiais derivadas por satélites*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE-14197-TDI/1099. São José dos Campos, São Paulo, Brasil. 93p. Disponível em <http://mtc-m17.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/MT-C-m13@80/2006/07.10.14.12>
- Kench, P. S. & Brander, R. W. 2006. Wave processes on coral reef flats: implications for reef geomorphology using Australian case studies. *Journal Coastal Research*, 22(1):209–223. doi:10.2112/05A-0016.1
- Kench, P. S. & Cowell, P. J. 2001. The morphological response of atoll islands to sea-level rise. Part 2: application of the modified Shoreline Translation Model (STM). ICS 2000, *Journal of Coastal Research* (ISSN: 07490208), 34(Special Issue):645–656, New Zealand. Disponível em <http://www.jstor.org/stable/25736330>
- Kench, P. S. & Mclean, R. F. 2004. Hydrodynamics and sediment flux of hoas in an Indian Ocean atoll. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29:933–953. doi:10.1002/esp.1072
- Kench, P. S., Mclean, R. F., Nichol, S. L. 2005. New model of reef island evolution: Maldives, Indian Ocean. *Geology*, 33(2):145–148. doi:10.1130/G21066.1
- Kikuchi, R. K. P. & Leão, Z. M. A. N. 1997. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. In: Lessios, H. & Macintyre, I. (eds). *Proceedings Of The International Coral Reef Symposium*, 1:731–736, Smithsonian Tropical Research

- Institute, Panama. Disponível em http://www.academia.edu/5458325/Rocas_Southwestern_Equatorial_Atlantic_Brazil_an_atoll_built_primarily_by_coralline_algae
- Kikuchi, R. K. P. 1994. *Geomorfologia, Estratigrafia e Sedimentologia do Atol das Rocas (Rebio-IBAMA/RN)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, 144 p.. Bahia, Brasil. Não publicado.
- Kikuchi, R. K. P. 2002; Atol das Rocas, Litoral do Nordeste do Brasil - Único atol do Atlântico Sul Equatorial Ocidental. In: Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Queiroz, E.T., Winge, M. & Berbert-Born, M.L.C. (orgs.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, pp.379-390, DNPM/CPRM, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 85-85258-03-9. Disponível em <http://sigep.cprm.gov.br/sitio033/sitio033.pdf>
- Kukal, Z. 1971. *Geology of Recent Sediments*. Academia Publishing House of Czechoslovak Academy of Sciences, Prague. Academic Press Inc. (London) Ltd, London. 490 p. ISBN: 10:0124287506
- Moyle, P. B. & Cech, J. J. 1996. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. Prentice-Hall Inc. New Jersey, EUA. 590 p.
- Muehe, D. 1994; *Geomorfologia Costeira*. In: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (orgs.), *Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações*. Bertrand p.191-237, Rio de Janeiro, Brasil.
- Ottman, F. 1963. "L'atol das Rocas" dans l'Atlantique sud tropical. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, 2: 101-107.
- Pereira, N. S. 2011. *Estudos sedimentológicos, morfodinâmicos e mapeamento geomorfológico do complexo recifal do Atol das Rocas, Atlântico Sul*. Dissertação de mestrado, Pós-graduação em Geociências – UFPE. 88p. Recife, PE, Brasil. Disponível em http://www.repositorio.ufpe.br/jspui/bitstream/123456789/6205/1/arquivo2590_1.pdf
- Pereira, N. S., Manso, V. A. V., Silva, A. M. C.; Silva, M. B. 2010. Mapeamento geomorfológico e morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul. *Revista Gestão Costeira Integrada*, 10 (3):331-345.
- Pereira, N. S., Manso V. A. V., Macedo, R. J. A., Dias, J. M. A., Silva, A. M. C. 2013. Detrital carbonate sedimentation of the Rocas Atoll, South Atlantic. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (Impresso), 85(1):57-72. doi: 10.1590/S0001-37652013000100005.
- Richardson, P. L. & Walsh, D. 1986. Mapping climatological seasonal variations of surface currents in the tropical Atlantic using ship drifts. *Journal of Geophysical Research*, 91:10537-10550.
- Richmond, B. M. 1992. Development of atoll islets in the central Pacific. In: Richmond, R.H. (Ed.), *Proc. 7th Int. Coral Reef Symposium*. University of Guam Press. v. 2, p.1185–1194. Disponível em <http://www.reefbase.org/download/download.aspx?type=10&docid=10824>.
- Soares, M. O., Lemos, V. B., Kikuchi, R. K. P. 2009. Sedimentos carbonáticos bioclásticos do Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial. *Revista Brasileira de Geociências* (ISSN: 2317-4692), 39(4):624-634, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em http://www.sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol39_down/3904/11486.pdf
- Stoddart, D. R. 1964. Carbonate sediments of Half Moon Cay, British Honduras. *Atoll Research*

- Bulletin* (ISSN: 0077-5630), n 104, Washington, DC, EUA, Disponível em:
<http://www.sil.si.edu/digitalcollections/atollresearchbulletin/issues/00104.pdf>
- Stoddart, D. R. 1965. British Honduras cays and the low wooded island problem. *Inst. Br. Geogr. Trans.*, 36:131–147.
- Stoddart, D. R. & Steers, J. A. 1977. The nature and origin of coral reef islands, in: O.A. Jones, R. Endean (Eds.). *Biology and Geology of Coral Reefs*, IV, p.59–105, Geology. v. 2, Academic Press, New York, EUA. doi:10.1016/B978-0-12-395528-9.50011-7
- Suguio, K. 1973. *Introdução a Sedimentologia*. 1. ed., Edgar Blucher, EDUPS, São Paulo, Brasil. 317 p.
- Suguio, K. 1980. Rochas Sedimentares: Propriedades, Gênese, Importância Econômica. Edgar Blucher, São Paulo, Brasil. 476 p.
- Tucker, M.E. & Wright, V.P. 1990. *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Science, Oxford, Reino Unido. 496 p. ISBN: 0632014725.
- Webb, A. P. & Kench, P. S. 2010. The dynamic response of reef islands to sea-level rise: Evidence from multi-decadal analysis of island change in the Central Pacific. *Global and Planetary Change*, 72 (3):234-246.
- Woodroffe, C. D. 2008. Reef-island topography and the vulnerability of atolls to sea-level rise. *Global and Planetary Change*, 62 (1-2):77-96. doi:10.1016/j.gloplacha.2007.11.001
- Woodroffe, C. D. & Morrison, R.J. 2001. Reef-island accretion and soil development on Makin, Kiribati, central Pacific. *Catena*, 44:245-261.