

## VARIAÇÕES DO NÍVEL DO MAR NA PLANÍCIE DE JACAREPAGUÁ DIFERENTES ESCALAS DE TEMPO E SUAS TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS

### RESUMO

A Planície de Jacarepaguá tem sua gênese atribuída a sucessivos eventos regressivos e transgressivos (Martin 1984), somados ao aporte de sedimentos marinhos e fluviais. Através desses processos formaram-se diversas feições ao longo da costa, como a própria planície e seus cordões litorâneos, feições deposicionais e instalação de um sistema laguna-barreira. As planícies caracterizam-se por serem superfícies relativamente planas, baixas, posicionadas rentes ao mar, originando ambientes sensíveis às oscilações do nível do mar. Grande parte da população mundial está localizada em regiões litorâneas, sendo assim, é de suma importância a análise conjunta dos estudos sobre a evolução geológica da Planície de Jacarepaguá durante o Holoceno, realizada por Martin (1984) e das previsões do IPCC para o aumento do nível do mar para o próximo século. O presente trabalho teve como objetivo mapear as possíveis áreas da Planície de Jacarepaguá, que poderão ser atingidas de acordo com as estimativas futuras de elevação do nível do mar, utilizando como metodologia a classificação das feições da área, revisão bibliográfica sobre estudos relacionados a variações do nível do mar, representação da altimetria e das formas de relevo através da construção de um modelo digital, assim como a evolução geológica e o crescimento populacional da região. A partir dos resultados foi possível mapear os bairros atingidos pelo aumento do nível do mar no reverso da barreira e no entorno das lagoas da região, como os bairros do Itanhangá, Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá, assim como prever impactos como uma possível retrogradação da barreira. Por isso, se faz necessário o estudo dos fenômenos ocorridos no passado para a previsão de impactos e planejamento de ações mitigadoras.

**PALAVRAS-CHAVES:** Vulnerabilidade Costeira; Elevação do Nível do Mar; Erosão Costeira.

## SEA LEVEL CHANGES IN JACAREPAGUÁ PLAIN: DIFFERENTS TIME SCALES AND ENVIRONMENTAL TRANSFORMATIONS

### ABSTRACT

The Jacarepagua plain has its genesis attributed to successive regressive and transgressive events, added to the contribution of marine and river sediments. Through these processes several features were formed along the coast, as the flat itself and its beach ridges, depositional features and installation of a lagoon-barrier system. The plains are characterized by being relatively flat surfaces, low positioned flush with the sea, resulting in sensitive environments oscillations of sea level. Most of the world's population is located in coastal areas, so it is very important the analysis of studies on the geological evolution of the Jacarepagua plain during the Holocene, performed by Martin (1984) and the IPCC predictions to sea level rise for the next century. This study aimed to map the possible areas of the Jacarepagua plain, which can be achieved in accordance with future estimates of sea level rising, using as methodology the classification of the features of the area, bibliographic review of studies related to changes in sea level, representing the altimetry and landforms through the construction of a digital model as well as the geological evolution and population growth in the region. From the results it was possible to map the neighborhoods affected by the sea level rising on the reverse of the barrier and around the lakes of the region, as the neighborhood of Itanhangá, Recreio and Jacarepaguá, and predict impacts as a possible barrier retrogradation. Therefore, the study of phenomena in the past is required to predict impacts and plan mitigation actions.

**KEYWORDS:** Coastal Vulnerability; Sea Level Rise; Coastal Erosion.

*Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.6, n.2, Jun, Jul, Ago, Set, Out, Nov 2015.*

ISSN 2179-6858

SECTION: *Articles*  
TOPIC: *Gestão Ambiental*



DOI: 10.6008/SPC2179-6858.2015.002.0006

**Julia Caon Araujo**

Universidade Federal Fluminense, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2890736402078291>  
[julia.caon23@gmail.com](mailto:julia.caon23@gmail.com)

**Fabio Ferreira Dias**

Universidade Federal Fluminense, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5940397305608906>  
[fabiofgeo@yahoo.com.br](mailto:fabiofgeo@yahoo.com.br)

**Sérgio Ricardo Silveira Barros**

Universidade Federal Fluminense, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0245365238186836>  
[sergiobarros@id.uff.br](mailto:sergiobarros@id.uff.br)

**Bárbara Franz**

Universidade Federal Fluminense, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3415405137542697>  
[barbara\\_franz@id.uff.br](mailto:barbara_franz@id.uff.br)

Received: 10/02/2015

Approved: 14/10/2015

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

### Referencing this:

ARAUJO, J. C.; DIAS, F. F.; BARROS, S. R. S.; FRAZ, B..  
*Variações do nível do mar na planície de Jacarepaguá diferentes escalas de tempo e suas transformações ambientais. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.6, n.2, p.76-90, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2015.002.0006>*

## **INTRODUÇÃO**

A Planície de Jacarepaguá, localizada na cidade do Rio de Janeiro, mais especificamente no litoral sul do estado, restrita pelos paralelos 22°55'00"S e 23°05'00'1S e pelos meridianos 43°18'30"W e 43°32'301"W. Ao total a planície possui aproximadamente 140 km<sup>2</sup> de área, sendo 13 km<sup>2</sup> de lagoas (IBGE). A área em questão abrange o Complexo Lagunar de Jacarepaguá, com quatro lagoas: Lagoa de Jacarepaguá, Lagoa do Camorim, Lagoa da Tijuca e Lagoa de Marapendi. As planícies costeiras, como o nome diz, são superfícies relativamente planas, baixas, localizadas junto ao mar, e cuja formação resultou da deposição de sedimentos marinhos e fluviais (Muehe 2009). Ainda segundo o mesmo autor, a Planície de Jacarepaguá é confinada pelas escarpas dos afloramentos do embasamento cristalino, com as planícies costeiras embutidas nas depressões lateralmente balizadas por interflúvios que se estendem em direção ao mar na forma de promontórios.

De acordo com Antonio Teixeira Guerra (1965) a Planície de Jacarepaguá é formada por rochas sedimentares do Quaternário: Areias e argilas orgânicas. Segundo, Roncarati e Neves (1976) a planície é dividida em duas partes. A primeira, mais extensa, é limitada pelo clinoplano periférico, onde se localizam as lagoas de Jacarepaguá, Camorim e Tijuca, e pela restinga interna. A segunda planície estende-se entre as duas restingas e nela se situa a lagoa de Marapendi. A configuração das planícies costeiras está associada diretamente as oscilações do nível relativo do mar, isto é, processos de ajustamento morfológico ao nível do mar pós-glacial (Muehe 2009). A região em questão foi formada a partir da progressão de dois cordões arenosos litorâneos que, com as variações do nível do mar, isolaram lagoas e lagunas como as de Jacarepaguá e Marapendi.

Na década de 1960 a região de Jacarepaguá se configurou como novo setor para a expansão urbana da cidade do Rio de Janeiro. O projeto foi desenvolvido a partir do Plano Piloto do arquiteto Lucio Costa em 1969 (Rezende e Leitão 2003). Porém apesar do ordenamento do projeto a ocupação se deu de maneira desordenada e caótica, devido à falta de infra-estrutura que comportasse o crescimento populacional na região. Com isso a região sofreu mudanças ambientais ao longo dos anos, que refletiram principalmente no atual estado de degradação do sistema lagunar. O presente trabalho teve como objetivo, analisar as áreas susceptíveis a alagamentos com futuras subidas do nível do mar impactando de forma negativa as áreas urbanas, além de verificar sua influencia no meio ambiente local. Para isso foram necessários estudos referentes à geomorfologia e geologia da Planície de Jacarepaguá, sua formação e a possível influência da variação do nível médio do mar. Os estudos sobre a evolução das atuais paisagens costeiras é de suma importância para prever a tendência comportamental do ambiente em caso de futuras elevações do nível do mar, assim como é necessário para a identificação dos possíveis impactos e formulação de medidas mitigadoras (Martin 1996).

## REVISÃO TEÓRICA

### Variações do Nível do Mar

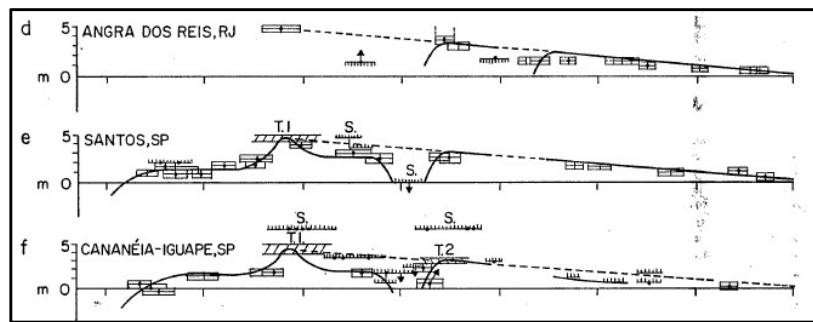
A paisagem atual também foi construída a partir das variações do nível do mar, que de acordo com Suguio (1985), são causadas por alterações reais do nível marinho (eustasia) e alterações do nível dos continentes (tectonismo e isostasia), sendo assim as curvas de níveis do mar passados representam posições relativas de acordo com as peculiaridades locais.

Diversos fatores agem na variação do nível do mar, em diferentes magnitudes. Em escala continental pode-se determinar: *Movimentos Tectônicos*; que agem sob a crosta terrestre, em períodos curtos ou muito longos. *Movimentos isostáticos*; variação do peso exercido de acordo com o congelamento ou derretimento das calotas glaciais, erosão continental e deposição em bacias sedimentares e movimentos de transgressões e regressões sobre a plataforma continental (*hidroisostasia*); *Deformações do geóide continental*: Modificação do volume total das bacias oceânicas em consequência da tectônica de placas (*tectono-eustasia*), Glaciações e deglaciações alteram o volume dos oceanos (*glacioeustasia*) e deformações na superfície dos oceanos (Suguio 1895).

Fatores geofísicos também influenciam o nível do mar. Os movimentos de rotação e a força da gravidade agem sob o geóide e determinam as mudanças de distribuição de níveis oceânicos. Tais forças e a forma do geóide variam de acordo com movimentos orbitais, composição do núcleo e do manto e interações entre a astenosfera e a litosfera (Suguio 1895). Efeitos oceanográficos também são determinantes no estabelecimento da altura do nível do mar, como por exemplo, as marés, correntes oceânicas e dinâmicas associadas. Ventos, pressão e temperatura da água também são fatores importantes. Tais fatores agem em escala temporal curta, gerando variações de baixa magnitude.

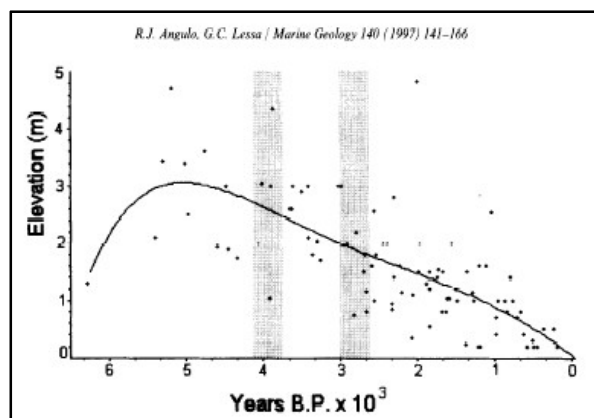
Sendo assim o nível do mar em um ponto específico é resultante de interações complexas e diversificadas entre os oceanos e continentes. Interações em escala mundial correspondem aos movimentos de *tectono-eustasia e glacioeustasia*. Já alterações na superfície do geóide (*eustasia geoidal*) e de nível dos continentes agem em escala local ou regional (Suguio 1985). Por isso há diferenças entre as curvas de antigas posições do nível do mar, da mesma época e em pontos diferentes do globo. Para o estabelecimento das antigas posições do nível relativo do mar, é preciso de um indicativo de variação, no tempo e no espaço (Suguio 1985). Todavia só é possível estabelecer curvas de variação do nível do mar para setores específicos do litoral cuja oferta de evidências de antigas posições seja abundante. Devido à grande variedade de fatores torna-se impossível o estabelecimento de curvas de variação do nível do mar em escala global (Suguio 1985). Antes da década de 70 as curvas atribuídas ao Brasil eram tectonicamente estáveis, a partir de 1970 novos estudos foram realizados a fim de estabelecer curvas de variação do nível do mar para diferentes pontos do Brasil durante o Quaternário Recente, como as determinadas por

Martin & Suguio (Gráfico 1) para o setor que compreende o Estado de São Paulo e o sul do Estado do Rio de Janeiro (Suguio 1985), que admitem várias oscilações do nível do mar.

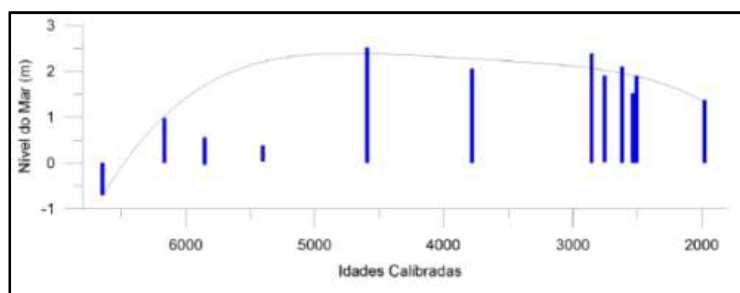


**Gráfico 1:** Curvas de variação do nível do mar durante o Holoceno para os setores do Estado de São Paulo e sul do Estado do Rio de Janeiro (Suguio 1985).

Diferentemente das curvas propostas por Suguio & Martin (Suguio 1985), Angulo & Lessa (1997) estabeleceram curvas alternativas, caracterizadas por uma descida contínua a partir do clímax holocênico até o nível do mar atual, determinada apenas com uma única evidência (Gráfico 2). Assim como Ângulo & Lessa (1997), a curva proposta por Dias (2009) para a região de Cabo Frio – Armação de Búzios situado no Estado do Rio de Janeiro (Gráfico 3), não indicam oscilações do nível do mar após o máximo atingido. Como visto anteriormente para determinar curvas eustáticas são necessárias diversas evidências, para que assim seja possível estabelecer as posições pretéritas do nível do mar.



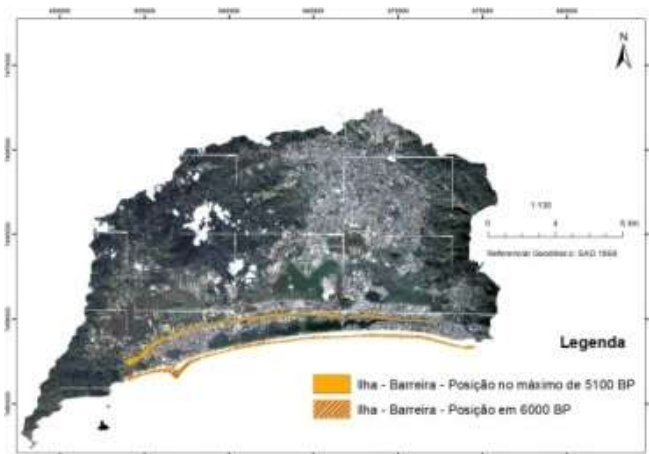
**Gráfico 2:** Curva de variação do nível do mar proposta por Ângulo & Lessa (1997).



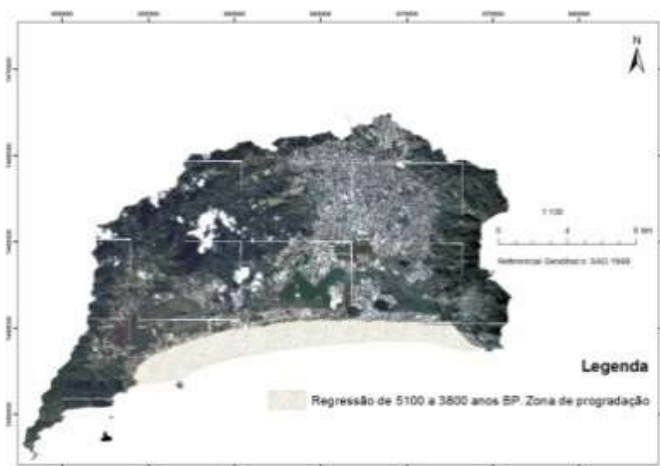
**Gráfico 3:** Curva média de variação do nível relativo do mar para a região de Cabo Frio (Dias 2009).

## Evolução da Planície de Jacarepaguá

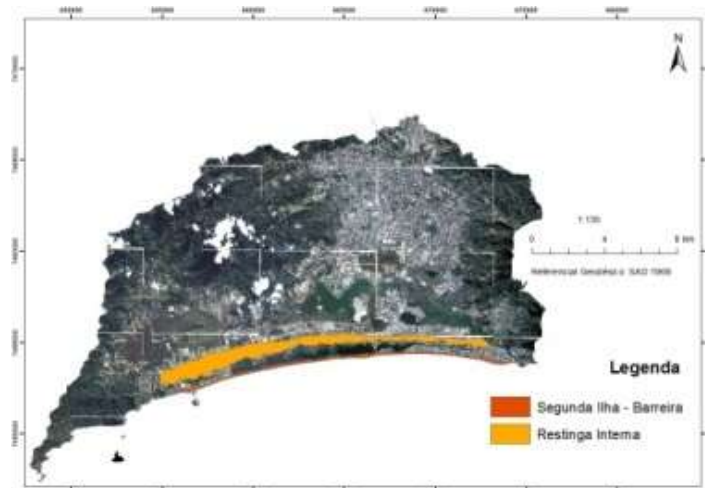
A história holocênica da planície de Jacarepaguá foi remontada por Martin (1984). Nesse trabalho o autor identificou 2 barreiras arenosas, uma interna, mais antiga e outra externa, mais recente que deram origem a um duplo sistema lagunar. Essas fases estão presentes nas figuras 1, 2, 3 e 4 a seguir. Durante o Quaternário a Planície de Jacarepaguá, desenvolveu-se de acordo com as oscilações do nível do mar, em quatro momentos diferentes. De 7000 a 5000 anos AP (Figura 1), estabelecimento da primeira ilha-barreira e correspondente zona lagunar. A partir da regressão do nível do mar a 5100 a 3800 anos AP (Figura 2), uma zona de progradação se formou. Destruída após o posterior máximo transgressivo por volta de 3800 a 3500 anos AP (Figura 3), com a formação da segunda ilha-barreira. A paisagem atual foi construída durante a regressão de 3500 anos AP (Figura 4), descida do nível do mar até o atual, gerando a progradação das ilhas-barreiras. A partir dos 4 estágios determinados foi possível estabelecer a cartografia, tendo como resultado os 4 mapas que localizam os processos ocorridos na região, apresentando assim a Evolução Holocênica da Planície e Jacarepaguá.



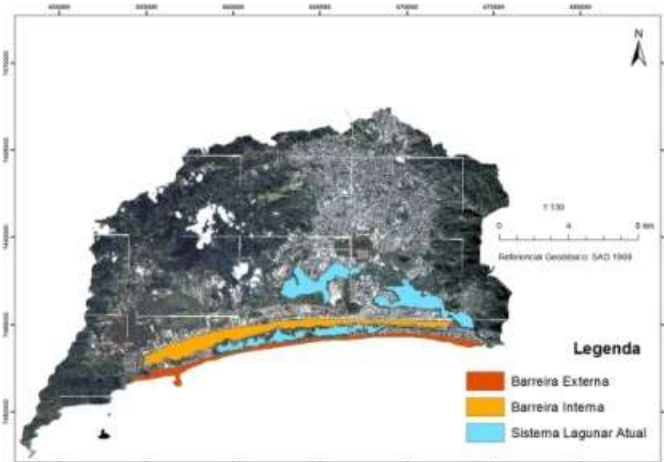
**Figura 1:** 7000 – 5000 anos BP, estabelecimento da primeira ilha-barreira e correspondente zona lagunar.



**Figura 2:** Regressão de 5100 a 3800 anos BP, formação da zona de progradação.

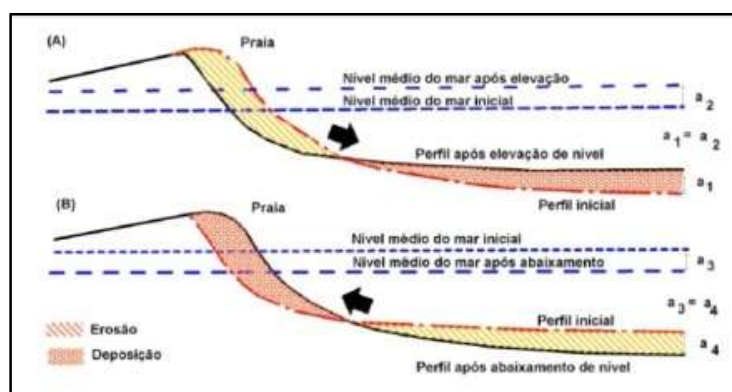


**Figura 3:** Máximo de 3500 anos BP, estabelecimento da segunda ilha-barreira e da segunda laguna.



**Figura 4:** Regressão de 3500 até o presente; construção da segunda zona de progradação.

As alterações nas paisagens costeiras são regidas por diversos fatores, entre eles a variação do nível do mar, que também determina o comportamento da linha de costa. A Regra de Brunn (BRUNN, 1962, citado por Souza, 2009) tenta mostrar o comportamento da barreira, buscando sempre a condição de equilíbrio (Figura 5), sendo assim em caso de elevação do nível do mar os sedimentos da porção emersa são erodidos e depositados no perfil submerso, ou seja, há uma retrogradação da barreira em direção ao continente como ocorreu na região da Planície de Jacarepaguá.



**Figura 5:** Regra de Brunn (BRUNN, 1962, citado por Souza, 2009).

## METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho passou pelas seguintes etapas: revisão bibliográfica sobre o tema variações do nível do mar; descrição da atual paisagem costeira com a classificação das feições em primárias e secundárias (construídas durante os processos costeiros) e prognóstico de cenários futuros, induzidos por oscilações do nível do mar.

### Classificação de feições costeiras da Planície de Jacarepaguá

Através do trabalho de campo (Figura 6) e fotointerpretação das imagens da região foi possível identificar as feições costeiras da Planície de Jacarepaguá, para isso utilizou-se a classificação desenvolvida em U S Army Corps of Engineers- USACE (2013) e Muhe (2001). Através desse reconhecimento é possível identificar as feições que sofrerão maiores alterações por estarem diferentemente relacionadas a dinâmica costeira (erosão, transporte e deposição).



Figura 6: Distribuição de pontos do Trabalho de Campo.

### Simulação das Áreas Susceptíveis a Alagamento

Um modelo digital de terreno (mdt) foi construído a partir das isolinhas e pontos cotados fornecidos pelo Instituto Pereira Passos – IPP, em escala de 1: 2000 e 1: 10000. Utilizando essas bases foi possível construir o mdt utilizando ferramenta Toporaster do ArcMap 10, juntamente com outros insumos no formato shapefile (lagoas, drenagem e limite da área) também fornecidos pela instituição. O passo seguinte foi reclassificar as alturas de acordo com as estimativas do IPCC (2013). A visualização de áreas susceptíveis a alagamentos foi realizada no software ARCGIS 10, usando os subprogramas ARCMAP e ARCSCENE.

### Efeitos das Mudanças Ambientais no Aparelhamento Urbano

Os polígonos delimitadores dos bairros foram plotados sobre o modelo digital de terreno. Através de dados de crescimento urbanos das últimas décadas e para os próximos 10 anos

seguintes, dados dos últimos censos do IBGE, disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos – IPP (2010), foram analisados os bairros que serão mais impactados nos cenários de elevação do nível do mar propostos pelo IPCC (2013).

## RESULTADOS

### Classificação das Feições Costeiras Primárias e Secundárias da Planície de Jacarepaguá

A região da Planície Costeira de Jacarepaguá foi classificada do trabalho de campo e fotointerpretação das imagens. A classificação mostra a presença de feições secundárias (Figura 7), ou seja, produzidas por processos costeiros de erosão ou acumulação (Muehe 2009), são elas: (A) Tômbolo; (B) Sistema de ilha-barreira laguna; (C) Barreira ou praia-barreira e (D) Costão (Figura 8).



Figura 7: Classificação das Feições da Planície de Jacarepaguá

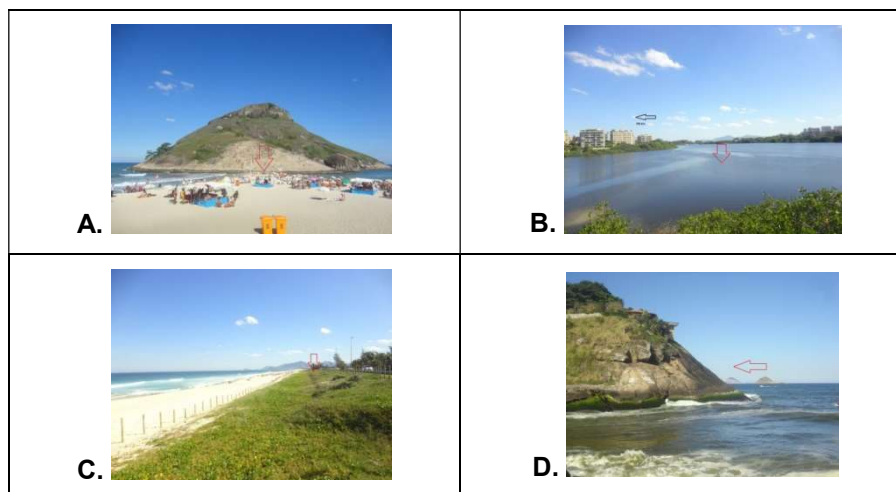


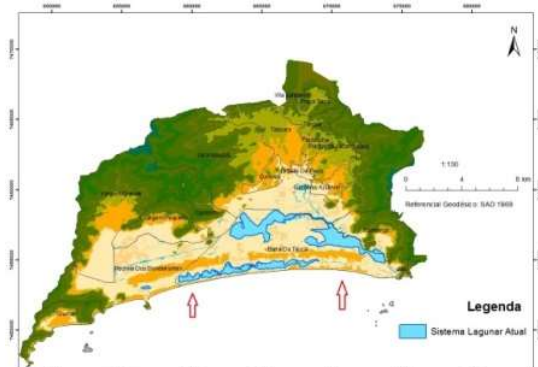
Figura 8: (A) Pedra do Pontal ligada ao continente pelo tombolo, sinalizado na imagem; (B) Lagoa de Marapendi formando um sistema de ilha-barreira-laguna. A seta em preto sinaliza o sentido da praia. (C) Barreira ou Praia Barreira. Setor correspondente à Praia da Reserva e (D) Costão. Setor correspondente à Praia do Pepê.



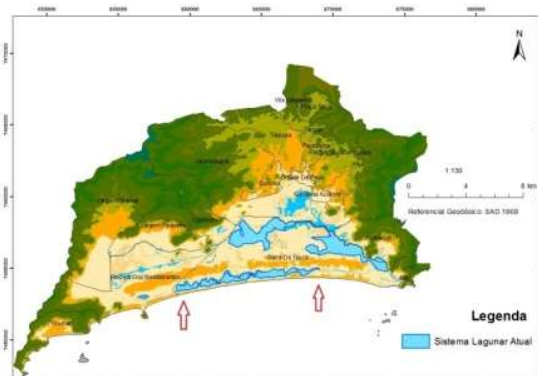
## Áreas Susceptíveis a Alagamentos em Cenários de Elevação do Nível do Mar

Através das simulações no mdt, modelo digital de terreno, com os índices de elevação do nível do mar previstos pelo IPCC para os próximos 100 anos, foi possível determinar as áreas que podem ser atingidas caso a previsão se confirme. Para isso foram estipulados 2 (dois) cenários um otimista e outro pessimista, ambos com máximos e mínimos. Sendo assim as áreas susceptíveis a alagamentos para uma elevação mínima otimista de 26 centímetros até 2100 atingiria principalmente os bairros de Itanhangá, Gardênia Azul e áreas em torno das lagoas do sistema (Figura 9). Já em um cenário pessimista a elevação mínima seria de 45 centímetros e atingiria os bairros de Itanhangá, Gardênia Azul, Anil, Jacarepaguá, Recreio dos Bandeirantes e áreas no entorno de todo sistema lagunar (Figura 10).

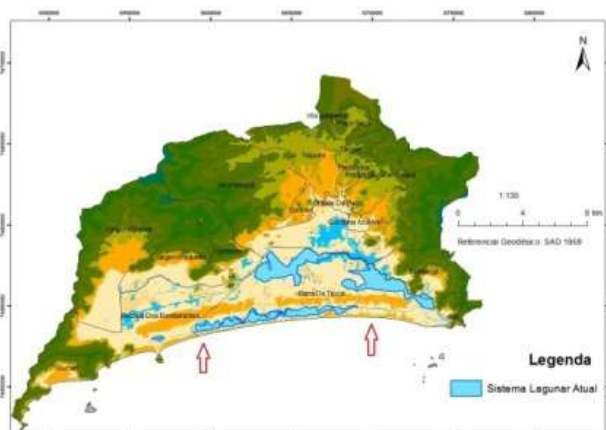
As piores previsões trazem um cenário máximo otimista de 55 centímetros nos próximos 100 anos, que atingiria gravemente os bairros já citados acima e outros como Camorim e Vargem Pequena, além disso uma área maior em torno das lagoas da planície e da rede de drenagem (Figura 11). Por fim, o cenário máximo pessimista com elevação do nível do mar de 82 centímetros, que atingiria gravemente o reverso da barreira, abrangendo as áreas próximas às lagoas e elevando os níveis da rede de drenagem nos bairros do Itanhangá, Gardênia Azul, Anil, Jacarepaguá, Barra da Tijuca, Camorim, Recreio dos Bandeirantes e Vargem Pequena (Figura 12). Além de atingir o reverso da barreira às oscilações do nível do mar também alteram o comportamento da barreira, podem trazer prejuízos e danos à orla da região.



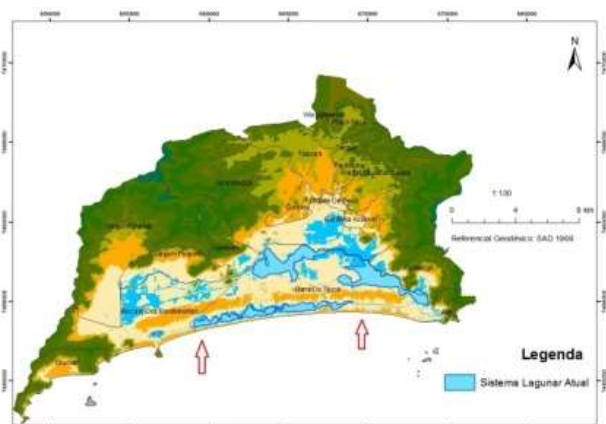
**Figura 9:** Bairros atingidos pela elevação do nível do mar de 26 centímetros até 2100. Setas indicam a direção da migração da barreira em situações de elevação do nível do mar.



**Figura 10:** Cenário Pessimista com elevação mínima de 45 centímetros até 2100 (IPCC 2013). Setas indicam a direção da barreira em situações de elevação do nível do mar.



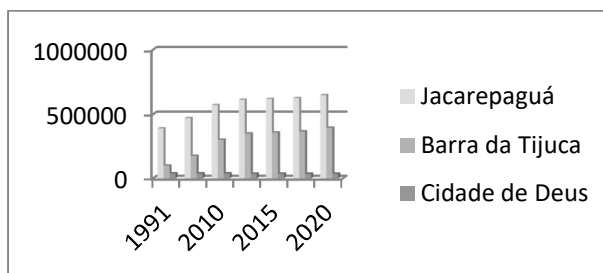
**Figura 11:** Bairros atingidos com elevação máxima de 55 centímetros até 2100. Setas indicam a direção da barreira em situações de elevação do nível do mar.



**Figura 12:** Cenário Pessimista com elevação máxima de 82 centímetros até 2100 (IPCC 2013). Setas indicam a direção da barreira em situações de elevação do nível do mar.

### O Crescimento Populacional e as Sobrelevações do Nível do Mar Futuras

Há alguns anos a região da Planície de Jacarepaguá se configura como destino da expansão da cidade do Rio de Janeiro, sendo assim observa-se um crescimento populacional nas últimas décadas e estima-se a mesma tendência para os próximos anos (Gráfico 4 e Tabela 1). Consequentemente tal configuração reafirma a importância dos estudos referentes aos impactos possíveis com o aumento do nível do mar no próximo século.



**Gráfico 4:** Crescimento da região da Planície de Jacarepaguá ao longo das últimas décadas e estimativa para os próximos anos (dados IPP).

**Tabela 1:** População Residente e População Estimada para a Planície de Jacarepaguá (Instituto Pereira Passos).

Área de Planejamento e Região Administrativa	População Residente		População Estimada				
	2000	2010	2013	2014	2015	2016	2020
Área de Planejamento 4	682 051	909 955	982 035	997 306	1 011 946	1 026 039	1 077 930
Jacarepaguá	469 682	572 617	605 173	612 070	618 682	625 047	648 484
Barra da Tijuca	174 353	300 823	340 822	349 296	357 420	365 241	394 037
Cidade de Deus	38 016	36 515	36 040	35 940	35 843	35 750	35 409

O conhecimento dos ambientes costeiros é de suma importância para análise das regiões litorâneas, pois são suscetíveis a mudanças em diversas escalas temporais e espaciais, além disso, concentram grande parte do contingente populacional e formam um dos mais importantes ecossistemas do planeta. Ao longo do século XX diversas propostas de classificações foram realizadas, Shepard (1948; 1977) propôs uma das mais utilizadas, onde divide os tipos de costas em primárias, feições morfológicas decorrentes do contato das águas com uma topografia construída por agentes não-marinhos e secundárias, onde as formas são resultado da erosão ou acumulação ocorrida por processos marinhos. A classificação completa de Shepard pode ser encontrada em USACE (1995), onde feições secundárias podem ser formadas a partir dos agentes marinhos (*marine agents*) ou organismos marinhos (*marine organisms*). Os agentes marinhos (*marine agents*) exercem processos de acumulação ou erosão, produzindo e destruindo feições morfológicas a partir das ondas e correntes.

A partir desta classificação, o autor definiu as feições provocadas por erosão (A. *Wave erosion coasts*), separadas em erosão por ondas retificadas (1. *Wave-straightened cliffs*) e irregular (2. *Made irregular by wave erosion*) e as feições deposicionais (B. *Marine deposition coasts - Coasts prograded by waves and currents*), subdivididas em barreiras (1. *barrier coast*); tômbolos (2. *cusplate forelands*); planície costeira sem sistema lagunar no reverso (3. *beach plains*) e planície de maré ou mangues (4. *mudflats or salts marshes*).

A paisagem costeira é formada, entre outros fatores, pela variação do nível do mar, que condiciona as feições costeiras. Sendo assim as formas atuais correspondem ao nível de mar vigente, por isso em cenários de transgressão ou regressão marinha as feições teriam outra classificação. Desta forma, as feições atuais da Planície de Jacarepaguá foram classificadas baseadas na literatura (Figuras 10 e 11), Suguio (1992) e U S Army Corps of Engineers- USACE (2013).

De acordo com o Dicionário de Geologia Marinha (Suguio 1992), as formas encontradas na Planície Jacarepaguá consistem em: a) *Tômbolo*: Tômbolo Barra ou esporão simples, duplo ou triplo, acima do nível da maré alta ordinária, através do qual uma ilha fica unida ao continente ou a uma ilha; b) *Laguna*: Corpo de águas rasas e calmas, em geral mantendo comunicação restrita com o mar. Frequentemente forma um sistema ilha barreira-laguna, relacionado geneticamente à dinâmica costeira; c) *Barreira*: Uma praia arenosa, ilha ou esporão, que se estende mais ou menos paralelamente ao litoral e acha-se separada do continente por um corpo aquoso

relativamente estreito. Via de regra acima do nível de maré mais alta *ou Praia Barreira*: Crista arenosa simples empilhada até um pouco acima do nível de maré alta, que se dispõe paralelamente à costa e separada dela por uma laguna; *d) Costa Rochosa ou Costão*: Costa com afloramento de rochas cristalinas, encontrada em locais onde falésias rochosas chegam ao mar, podendo apresentar a sua frente terraços de abrasão por ondas (wave-cut terraces) e blocos caídos. Muitas vezes, as falésias das costas rochosas estão relacionadas a falhas, diaclases ou a outras estruturas rochosas (Figura 11).

Porém a configuração da paisagem atual pode mudar a partir das novas estimativas estabelecidas pelo IPCC 2013, ou seja, as formas hoje encontradas na Baixada de Jacarepaguá seriam diferentes em caso de elevação do nível do mar, como mostra os mapas da evolução da geologia costeira local. De acordo com o último relatório o nível do mar vem aumentando progressivamente, 19 centímetros de 1901 a 2010, tal elevação poderia ser causada pelo degelo na região do Ártico e Antártica. A partir dessas informações o IPCC apresentou dois possíveis cenários de elevação do nível do mar até 2100, Cenário Otimista, com elevação mínima de 26 centímetros (Figura 12) e máxima de 55 centímetros até 2100 (Figura 13) e o Cenário Pessimista, como elevação mínima de 45 centímetros (Figura 14) e máxima de 82 centímetros (Figura 15), nos próximos 100 anos.

A região da Planície de Jacarepaguá corresponde a "Área de Planejamento 4", denominada pela Prefeitura do Rio de Janeiro, que abrange as Regiões Administrativas de Jacarepaguá, Barra da Tijuca e Cidade de Deus. Cada Região Administrativa é composta por bairros, sendo assim, Jacarepaguá compreende os bairros de Jacarepaguá, Curicica, Camorim Taquara, Praça Seca, Tanque, Freguesia, Pechincha, Anil e Gardênia Azul; Barra da Tijuca os bairros de Vargem Grande, Vargem Pequena, Grumari, Recreio dos Bandeirantes, Barra da Tijuca, Joá e Itanhangá e por fim Cidade de Deus com a comunidade Cidade de Deus.

A cidade do Rio de Janeiro cresce em direção a zona oeste, mais precisamente para os bairros da Planície de Jacarepaguá. Segundo dados do Instituto Pereira Passos nas últimas décadas a população local dobrou, em 1991 com população residente de 526.302 e em 2010 alcançou os 909.955. As estimativas para os próximos anos confirmam essa tendência, como mostra o gráfico (Figura 16).

A cidade do Rio de Janeiro sediará os principais eventos esportivos como a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016, desta forma a cidade como um todo vem recebendo obras de revitalização. Além das obras de infraestrutura urbana, o setor imobiliário cresce vertiginosamente na região. Tais empreendimentos alteram a dinâmica local em vários aspectos e necessitam de planejamento urbano eficiente para prever possíveis danos ao próprio empreendimento e a população em contato com o mesmo. De acordo com a tabela 1 e os mapas, as áreas mais impactadas pelas futuras elevações do nível do mar são justamente as já densamente ocupadas e aquelas em crescimento populacional ou que irão receber obras de infraestrutura para os Mega eventos.

A principal discussão a cerca do tema surgiu a partir do levantamento bibliográfico aliado aos mapas desenvolvidos. Recentemente o Instituto Pereira Passos – IPP divulgou um estudo sobre as áreas passíveis de alagamento pela elevação do nível do mar decorrente de mudanças climáticas, *Áreas da Cidade Passíveis de Alagamento pela Elevação do Nível do Mar (2007)* e *Vulnerabilidade à Elevação do Nível Médio do Mar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (2012)*, mapeando áreas vulneráveis a partir da ocupação urbana associada às zonas costeiras de baixa elevação. Para a região da Baixada de Jacarepaguá, o estudo identificou diversas áreas que serão alagadas caso as previsões se confirmem, porém desconsiderou os efeitos na zona costeira, na barreira propriamente dita, alegando que por serem urbanizadas não sofreriam com os impactos da elevação do nível do mar.

Sabe-se que a configuração da paisagem e a localização da barreira se dão a partir de uma condição de equilíbrio, sendo assim, em caso de aumento do nível do mar a barreira retrogradaria, procurando restabelecer seu estado de equilíbrio, como mostra a regra de Brunn (1962, citado por Célia 2009). Casos de erosão costeira, como nas cidades de Rio das Ostras, Maricá (Barros 2010) e São João da Barra (Ribeiro 2006) no Estado do Rio de Janeiro e em outras cidades do país como Recife, Salvador e Maceió (Muehe 2008), comprovam a teoria de Brunn, sendo assim, praias urbanizadas também são passíveis de impactos pela elevação do nível do mar, causando consequências aos ambientes naturais e as atividades antrópicas.

Os últimos censos demográficos, realizados pelo IBGE, mostram um intenso crescimento na região da Planície de Jacarepaguá a partir da década de 90, grande parte deste crescimento está concentrada em áreas vulneráveis a alagamentos, inclusive empreendimentos para as Olimpíadas de 2016. Algumas edificações construídas para o Pan 2007, como a Vila Olímpica, já foram impactadas, os imóveis apresentam rachaduras e pisos solapados. Assim como a Vila Olímpica, outros empreendimentos em construção para as Olimpíadas de 2016 podem vir a ser atingidos como o Parque Olímpico e a Ilha Pura – Vila dos Atletas localizados à margem da Lagoa de Jacarepaguá e o Campo de Golfe à margem da Lagoa de Marapendi, este localizado em área de proteção ambiental. Desta forma, o tema requer estudos mais profundos por parte do governo, levando em consideração os impactos da elevação do nível do mar a população e ao meio ambiente.

## CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados é possível concluir que o tema requer mais atenção, principalmente pelos órgãos governamentais, visto que os mesmos são responsáveis pelo planejamento urbano e manutenção da qualidade ambiental.

A classificação das feições em primárias e secundárias nos permite identificar as áreas mais sensíveis a uma mudança positiva do nível do mar. Isso porque os depósitos seriam retrabalhados, trazendo enormes prejuízos nas suas áreas antropizadas. Os estudos realizados

pelo Instituto Pereira Passos, referentes às áreas impactadas pela subida do nível do mar mapearam as diversas áreas também encontradas no presente trabalho, porém desconsideraram os impactos na barreira, apresentados nos estudos de evolução da geologia local e pelos diversos acontecimentos em outras praias do estado do Rio de Janeiro (Barros 2010, Ribeiro 2006 e Muehe 2008). O levantamento da história das transformações costeiras no Holoceno, como disse Martin (1996), é fundamental para se entender o comportamento das transformações induzidas pelas subidas do nível do mar. A partir dessa compreensão é possível diagnosticar, ainda que minimamente, as conseqüências dessas modificações ambientais e propor um planejamento de uso das regiões costeiras. Através dos estudos de Martin (1984) o presente trabalho investigou a evolução geológica da Planície de Jacarepaguá, que indicam os possíveis cenários encontrados em caso de elevação do nível do mar. Sendo assim, serviu como base para prever os impactos na paisagem atual e principalmente dimensionar a gravidade e magnitude de uma possível elevação do nível do mar na região, hoje agravados pela ocupação urbana crescente.

Em relação ao crescimento populacional em áreas susceptíveis a alagamentos, tanto pela população de baixa renda nas favelas de Rio das Pedras e Cidade de Deus como nos condomínios de luxo em construção, ambos localizados ao redor das lagoas. Além disso, os efeitos gerados e disseminação da informação não foram suficientes para o estabelecimento de medidas, pois mesmo com a preocupação do IPP com as mudanças na zona costeira da cidade do Rio de Janeiro geradas por uma sobrelevação do nível do mar, grandes investimentos continuam a ser realizados. Sugere-se o uso de estudos referentes a evolução geológica no apoio ao planejamento da expansão urbana em regiões costeiras a fim de se minimizarem os prejuízos com investimentos em áreas inapropriadas para a ocupação.

## REFERÊNCIAS

- ANGULO, R.; LESSA, G.. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**. v.1, p.141-166,1997.
- BARROS, F.; MUEHE, D.. Avaliação Local da Vulnerabilidade e Risco de Inundação na Zona Costeira da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences**. Rio de Janeiro, v.2, p.55-66, 2010.
- DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A. I. M.; SILVA, C. R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J. F.; CALDERANO, S. B.. **Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2001.
- DIAS, F. F.. **Variações do nível relativo do mar na planície costeira de Cabo Frio e Armação dos Búzios, Rio de Janeiro**: reconstrução paleoambiental holocênica e cenários futuros. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- NEVES, C. F.; MUEHE, D.. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n.27, p.217- 295, 2008.
- GUERRA, A. T.. Paisagens Físicas da Guanabara. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.4, p. 539-569, 1965.
- GUERRA, A. T.. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 2 ed. Rio de Janeiro: Biblioteca Geográfica Brasileira, 1966.

MARTIN, L.; COSTA, M.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A.. Evolução Holocênica da Planície Costeira de Jacarepaguá (RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 33. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1984.

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; FLEXOR, J. M.; SUGUIO, K.. Quais seriam as conseqüências de uma eventual subida rápida do nível do mar? Considerações a partir da análise de exemplos pretéritos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 34. **Anais**. Salvador: UFBA, 1996.

MENDONÇA, M. L. F.; SILVA, L. R. A.. **Coleção Estudos Cariocas: áreas da cidade passíveis de alagamento pela elevação do nível do mar**. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2008.

MUEHE, D.. **Geomorfologia Costeira**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

RAHMSTORF, S.. **A new view on sea level rise**. Berlim: Nature Reports Climate Change, 2010.

REZENDE, V. F.; LEITÃO, G.. **Plano Piloto para a Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá, a Avaliação dos Ideais Modernistas Após Três Décadas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003.

RIBEIRO, G. P.; FIGUEIREDO JUNIOR.; A. G. D.; ROSAS, R. O.. Processos Costeiros: Erosão em Atafona e Progradação em Grussaí, São João da Barra (RJ): Morfometria para Retratação Espacial desses Eventos e Identificação de sua Tendência Evolutiva. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. **Anais**. Goiânia: 2006.

RONCARATI, H.; NEVES, L. E.. **Estudo Geológico Preliminar dos Sedimentos Recentes Superficiais da Baixada de Jacarepaguá, Projeto Jacarepaguá**. Rio de Janeiro: PETROBRAS-CENPES-DEXPRO, 1976.

SOUZA, C. R. G.. **A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.; DOMINGUEZ, J.; FLEXOR, J.; AZEVEDO, A.. Flutuações do Nível Relativo do Mar no Quaternário Superior ao Longo do Litoral Brasileiro e Suas Implicações na Sedimentação Costeira. **Revista Brasileira de Geociências**. v.1, p.273-286,1985.

SUGUIO, K.. **Dicionário de Geologia Marinha**. São Paulo: Bibl. de Ciências Naturais, 1992.

SUGUIO, K.. Tópicos de Geociências Para o Desenvolvimento Sustentável: As Regiões Litorâneas. **Revista do Instituto de Geociências**. São Paulo, p.11-29, 1999.

WARD, L. G.; D. M.; BURDICK; J. R.; ADAMS.. **Preliminary studies of the impact of sea level rise on coastal environments - New Hampshire**. Washington: Distribution Restriction Statement, 1995.