

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL



Eutrofização Antropogénica da Baía de Guanabara

Alexandre Augusto Amaral Dias da Cruz

Mestrado em Ciências do Mar

Dissertação orientada por:
Professora Doutora Vanda Costa Brotas Gonçalves e Investigadora Doutora Ana Cristina
Florindo de Brito

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL



Eutrofização Antropogénica da Baía de Guanabara

Alexandre Augusto Amaral Dias da Cruz

Mestrado em Ciências do Mar

Dissertação orientada por:
Professora Doutora Vanda Costa Brotas Gonçalves e Investigadora Doutora Ana Cristina Florindo de Brito

2016

Agradecimentos

Professora Doutora Vanda Costa Brotas Gonçalves:

Por haver recebido e acolhido com afeição este candidato aos estudos, à época, um desconhecido. Pela paciência, atenção constante e tratamento amigável no cotidiano das aulas e por toda a orientação recebida para este trabalho. Os conhecimentos transmitidos ficarão para sempre na minha memória.

Investigadora Doutora Ana Cristina Florindo de Brito:

Pela maneira sempre cortês, mas também ágil e pragmática, quando o assunto é relacionado ao ensino. A sua orientação foi fundamental para que este desafio pudesse ser ultrapassado.

Turismóloga e Gestora de Eventos Leila Noronha Dias da Cruz

Minha esposa que sempre teve palavras de apoio e incentivo. Peço escusa pela minha ausência do cotidiano, mesmo estando fisicamente no lar. Só foi possível este desfecho com a sua base e carinho, independente dos resultados acadêmicos.

Advogado Alexandre Augusto Noronha Dias da Cruz

Meu filho que sempre indagava sobre o motivo deste meu retorno aos estudos. A minha resposta é sempre a mesma, porque gosto do assunto. Peço escusa pela ausência durante mais este período de estudo.

Ao povo português e, especificamente, aos meus bisavós:

Pela acolhida amiga quando residi em Lisboa em 2011 e 2012. Aos meus bisavós, portugueses do norte que não conheci, pela herança genética transmitida, entre elas a perseverança.

Resumo

Sistemas estuarinos são áreas de transição que conformam habitats intermediários entre o oceano, a terra, a água doce e a atmosfera. Suas águas apresentam condições transitórias de complexas e dinâmicas misturas, marcadas por variações extremas com consequências à biota.

Desde meados do século XX, o estuário da Baía de Guanabara situado no Brasil, Estado do Rio de Janeiro, vem enfrentando um processo de eutrofização antropogênica oriundo dos aglomerados urbanos e das atividades agro-industriais, principalmente.

As ações governamentais não são adequadas e suficientes para minimizar e conter o enriquecimento da sua massa líquida com nutrientes ricos em nitrogênio (N) e fósforo (P).

A Baía de Guanabara, com cerca de 350Km² de espelho de água, 153Km de perímetro e volume médio de água de 1,87 x 10⁹m³, aproximadamente, é circunscrita geograficamente, com rios ao norte e o Oceano Atlântico ao sul, além de estar situada em região de clima tropical úmido.

Há elevada densidade demográfica nos seus entornos oeste e leste, cerca de 365 hab.Km⁻² em 2010, com estimativa de elevação.

As condições socioeconômicas de parcela significativa da população do estado são precárias, o que compromete o aprimoramento de uma consciência de preservação ambiental, nomeadamente quanto ao destino do esgoto sanitário e do lixo.

Assim, o estabelecimento de conjuntos de parâmetros físico-químicos das águas, e de parâmetros biológicos e ecológicos do fitoplâncton a serem utilizados como indicadores do seu processo de eutrofização é fundamental à manutenção das suas potencialidades e à ação dos gestores.

Entretanto, é necessário que séries históricas de dados de longo prazo sejam elaboradas e preservadas, a fim de permitir comparações sobre o estágio da eutrofização das águas da Baía de Guanabara.

Em 2016, a avaliação síntese sobre a eutrofização antropogênica da Baía de Guanabara indica que ela apresenta estágio mesotrófico no canal principal, nas enseadas próximas da entrada da baía e na sua porção nordeste sob influência de área de proteção ambiental, com águas variando de boa a ruim, e, estágio eutrófico em porção noroeste confinada e em zona sob influência do porto do Rio de Janeiro, com águas variando de ruim a muito ruim.

Abstract

Estuarine systems are transition areas that make intermediate habitats between the ocean, land, fresh water and the atmosphere. Its waters have transient conditions of dynamic and complex mixtures, marked by extreme changes with consequences for biota.

Since the mid-twentieth century, the Guanabara Bay estuary located in Brazil, state of Rio de Janeiro, is facing an anthropogenic eutrophication process coming from the urban areas and agro-industrial activities, mainly.

Government actions are not adequate and sufficient to minimize and contain the enrichment of its liquid mass with rich nutrients nitrogen (N) and phosphorus (P).

The Guanabara Bay, about 350Km² water mirror, perimeter of 153km and average water volume of 1.87 x 10⁹m³, approximately, is limited geographically, with rivers to the north and the Atlantic Ocean to the south, as well as, being situated in humid tropical climate region.

There is high population density in its western and eastern surroundings, about 365 hab.Km⁻², in 2010, with an estimate of elevation.

The significant portion of socioeconomic status of the population is poor, which undermines the improvement of environmental conservation awareness, particularly regarding the fate of sewage and garbage.

Thus, the establishment of sets of physical and chemical parameters of water, and biological and ecological parameters of phytoplankton to be used as indicators of its eutrophication process is critical to the maintenance of its potential and the actions of managers.

However, it is necessary for long-term data time series are kept and preserved in order to allow comparisons on the stage of eutrophication of Guanabara Bay waters.

In 2016, the evaluation summary of the anthropogenic eutrophication of Guanabara Bay indicates that it has mesotrophic stage in the main channel, the next coves of the bay entrance and its northeastern portion under the influence of environmental protection area, with waters ranging from good to bad, and eutrophic stage in confined northwestern area under the influence of the Rio de Janeiro port, with waters ranging from bad to very bad.

Keywords: State of the art, Estuary, Eutrophication, Phytoplankton, Guanabara Bay.

Índice

Folha de rosto.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Índice.....	v
Lista de figuras e tabelas.....	vii
1. Introdução.....	1
2. Estuário.....	2
2.1. Sistema estuarino.....	2
2.2. Meio aquático, fitoplâncton e cadeia alimentar estuarina.....	4
3. Baía de Guanabara e uma avaliação sobre a sua eutrofização.....	12
3.1. Eutrofização.....	12
3.2. Geografia da Baía de Guanabara e o entorno estadual.....	14
3.3. Caracterização, parâmetros físico-químicos e biológicos da Baía de Guanabara.....	25
3.4. Comunidade fitoplanctônica da Baía de Guanabara.....	34
3.5. Síntese da avaliação da eutrofização da Baía de Guanabara.....	35
4. Conclusão.....	36
5. Referências bibliográficas.....	37
6. Anexos.....	41
6.1. Síntese do cálculo do IQA_{NSF}	41
6.2. Dados brutos de amostragens e IQA_{NSF} consolidados de 2014 da RH V (Baía de Guanabara).....	44

6.3. Dados brutos de amostragens e IQA_{NSF} consolidados de 2015 da RH V (Baía de Guanabara).....48

Lista de figuras e tabelas

Figuras

Figura 2.1. Mosaico de imagens de diferentes de estuários.....	4
Figura 2.2. Dinâmica da assimilação de nutrientes pelas suas concentrações.....	8
Figura 2.3. Imagem de floração excessiva de algas na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil.....	9
Figura 2.4. Fluxos de fósforo e de nitrogênio em diferentes ecossistemas.....	10
Figura 2.5. Simplificação exagerada da cadeia alimentar estuarina em clima tropical úmido.....	12
Figura 3.1. Localização geográfica da bacia de drenagem e da Baía de Guanabara.....	15
Figura 3.2. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.....	16
Figura 3.3. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro (RJ) e 3 estados federativos brasileiros limítrofes.....	16
Figura 3.4. Bacias compartilhadas com os 3 estados brasileiros vizinhos e bacia exclusiva do Estado do Rio de Janeiro.....	18
Figura 3.5. Relevo das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.....	19
Figura 3.6. Classes geomorfológicas das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.....	19
Figura 3.7. Municípios que constituem a Região Hidrográfica V.....	20
Figura 3.8. Ocupação urbana no entorno da Baía de Guanabara.....	22
Figura 3.9. Pressão do saneamento na RH V.....	24
Figura 3.10. Atividades econômicas no Estado do Rio de Janeiro.....	24
Figura 3.11. Baía de Guanabara.....	25
Figura 3.12. Temperatura e precipitação na Baía de Guanabara.....	26
Figura 3.13. Variação da temperatura e salinidade média em 13 estações na Baía de Guanabara.....	28
Figura 3.14. Sedimentos e matéria orgânica (M.O.) na Baía de Guanabara.....	29
Figura 3.15. Afluentes e rios principais que desaguam na Baía de Guanabara.....	30

Figura 3.16. Índice de Qualidade de Água dos rios da Baía de Guanabara.....	31
Figura 3.17. Mapa base de quadriculas (1Km x 1Km) da Baía de Guanabara.....	32
Figura 3.18. Distribuição das concentrações médias mensais de clorofila a (Chl a) na Baía de Guanabara.....	33
Figura 3.19. Classificação das áreas da Baía de Guanabara conforme a eutrofização e qualidade da água.....	36
 Tabelas	
Tabela 2.1. Média da abundância de diversos elementos químicos e de alguns constituintes dissolvidos nas águas oceânicas.....	5
Tabela 3.1. Dados dos 17 municípios da Região Hidrográfica V (RH V).....	21
Tabela 3.2. Domicílios particulares permanentes, por existência de casa de banho ou sanita e tipo de esgotamento sanitário dos 17 municípios da Região Hidrográfica V (RH V).....	23
Tabela 3.3. Categorias da qualidade da água segundo o IQA _{NSF}	31
Tabela 3.4. Faixa de valores de variáveis em áreas da Baía de Guanabara.....	32
Tabela 3.5. Inventário de espécies fitoplanctônicas da Baía de Guanabara.....	35

1. Introdução

Compreender, contribuir para a prática do desenvolvimento sustentável e preservar! Estes três eixos estruturantes serviram como motivação e inspiração para a concepção desta dissertação.

Mas, impulso adicional significativo teve lastro na admiração do autor pelos oceanos, tendo em vista que, desde a mais tenra idade, os sonhos com as águas azuis e seus organismos permeiam o imaginário do autor.

Assim, este trabalho acadêmico se transforma num desafio na busca da compreensão científica de tudo aquilo que imagino existir.

A preservação das águas de estuários é uma preocupação mundial. Sistemas estuarinos são comuns em diversas partes do mundo, como os estuários dos rios Mandovi e Zuari, Índia, estuário do rio Tejo, Portugal, estuário do Rio da Prata, entre o Uruguai e a Argentina, estuário do rio Amazonas, Brasil, estuário do rio Tamisa, Reino Unido e estuário do rio Nilo, Egito.

Todos eles foram berço de civilizações, algumas muito antigas, outras mais recentes que, em maior ou menor grau, atraíram populações por possuírem recursos naturais essenciais à vida.

Porém, pressões antrópicas sobre esses habitats são inexoráveis, num confronto entre o desenvolvimento e a preservação. Nesse contexto, a massa de água da Baía de Guanabara vem, cada vez mais, sofrendo pressões das atividades humanas oriundas dos aglomerados populacionais urbanos, da agro-indústria, da exploração e refino do petróleo, do cultivo do solo, do lixo, do esgoto sanitário, entre outras fontes não naturais.

No entanto, a despeito da intensidade dos diversos usos da baía, isso não se reflete, pelo menos para o autor, em similar proporção sobre o conhecimento da sua massa líquida. Ao contrário de outras importantes baías do mundo, a Baía de Guanabara ainda parece carecer de dados científicos acerca do seu processo de eutrofização, não obstante as inúmeras pesquisas já realizadas no local, possivelmente, em face da necessidade da realização de alto investimento de recursos financeiros e humanos.

Constata-se, de forma clara, que o seu espelho de água é suficientemente turvo e espacialmente desigual, associado ao seu odor desagradável sendo, até mesmo, críticas as condições em determinadas porções, como as praias de fundo do noroeste da baía. Pescadores artesanais locais que, outrora comercializavam pescado, atualmente, exercem a pesca para a sua própria sobrevivência. Entretanto, caso ocorram sobras, eles as vendem à população.

Mesmo assim, ainda se observam banhistas nas suas águas em contato primário e botas cinza (*Sotalia guianensis*) residindo na Baía de Guanabara.

Por tudo isso, a proposta e o aspecto central desta dissertação é avaliar cientificamente o processo de eutrofização antropogênica da Baía de Guanabara, com base em dados pretéritos disponíveis ou mesmo já avaliados, tendo em vista serem visíveis a degradação ambiental e o declínio da qualidade das águas da baía, amplamente divulgados no noticiário nacional e internacional.

Os objectivos deste trabalho são: estabelecer conjunto de parâmetros físico-químicos para a água da Baía de Guanabara e de parâmetros biológicos e ecológicos do seu fitoplâncton que possam ser utilizados como indicadores do seu processo de eutrofização, e, contribuir para a ação dos gestores e para futuros estudos e análises da eutrofização provocada pelo homem na Baía de Guanabara, não obstante, não raro, a baía nos surpreender por sua resiliência.

A recuperação da Baía de Guanabara pode ser possível, provavelmente a um custo elevado e no longo prazo, mas jamais voltará a ser como antes.

2. Estuário

2.1. Sistema estuarino

Estuários, em países pobres ou em desenvolvimento, não raro, podem ser percebidos como ecossistemas degradados e inóspitos à vida. De facto, alguns deles são estigmatizados e considerados os habitats mais deploráveis da Terra, em contrapartida aos seus usos cada vez mais intensivos pelos seres humanos.

Mesmo degradados, alguns desses estuários podem conter condições adequadas para invertebrados e serem berçários naturais e vitais para peixes e pássaros, além das suas importâncias econômicas. Entretanto, pressões antropogênicas reduzem significativamente as suas potencialidades. A influência humana nos estuários, aliada aos fatores naturais, pode comprometer a vida nesses sistemas. Assim, eles são, geralmente, o foco de variados estudos sobre os conflitos entre a preservação e a utilização humana.

Há mais de 40 definições para estuário, nas quais são utilizados variados critérios, tais como a diluição da água do mar, o regime de marés e a geomorfologia, entre outros. Pritchard (1967) definiu um estuário como um corpo costeiro de água semifechado, que tem uma livre conexão com o mar aberto, dentro do qual a água do mar é, em certa medida, diluída com água doce proveniente da drenagem de terra.

Esta definição de estuário excluiu as lagoas costeiras e os corpos de água salobra que podem, temporariamente, ter conexão com o oceano nas ocasiões das altas amplitudes de maré, por exemplo, além de poderem, também, possuir salinidade comparável a algumas zonas de estuários (McLusky e Elliott, 2004; Kaiser *et al.*, 2005).

Já Fairbridge (1980) definiu um estuário como uma entrada de mar alcançando um vale de rio tanto quanto alcança o limite superior do aumento das marés, geralmente podendo ser dividido em três setores: a) um marinho ou baixo, com livre conexão com o mar aberto; b) um médio submetido à forte mistura entre a água salgada e a água doce; e c) um superior ou fluvial, caracterizado pela água doce, mas submetido a forte ação das marés.

A principal diferença entre as duas definições está na determinação do limite superior do estuário. Para Pritchard o limite superior da penetração da água salgada é dado pelo débito fluvial, enquanto para Fairbridge esse limite é dependente das amplitudes das marés. Contudo, parece permanecer a dúvida de quais são as delimitações de estuários, considerando que as suas zonas são variáveis, ora pelos ciclos das marés, ora pelas vazões do rio, agravada pelo facto desses ciclos e vazões serem sazonais ao redor do Globo.

A definição de Fairbridge também enfatizou, de um modo geral, o gradiente de condições que pode ser encontrado em estuários típicos, tais como, o gradiente vertical e horizontal da salinidade (Kaiser *et al.*, 2005).

Todavia, estuários não são corpos de água isolados. Estuários são sistemas ou áreas de transição entre o rio, ou mais de um, e, o oceano, ou mais de um. São habitats complexos num *continuum* entre água doce de terra, incluindo a drenagem continental, e a água salina oceânica, todas sujeitas à evaporação e à precipitação. Em geral, as águas salobras de estuários não conformam ambiente lêntico, tampouco lótico.

Segundo a Resolução nº 357 CONAMA¹ (2005) as águas salobras possuem salinidade² superior a 0,5‰ e inferior a 30‰.

¹ Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), instituído no Brasil em 1981, sendo presidido pelo Ministro do Meio Ambiente.

² Medida em permilagem (‰) dada pela fórmula empírica de salinidade $S (\text{‰}) = 1,80655 \text{ Cl} (\text{‰})$, onde Cl (‰) é a clorinidade, massa de cloro em gramas contida em cada quilograma de água do mar ou aproximadamente 1 litro, com o seu valor convertido para salinidade (S‰) com o uso da fórmula (Chang, 2005). De aplicação cada vez menos utilizada, em face ao desenvolvimento de medição com base eletrônica.

A salinidade³ média da água do mar é 35, tendendo a ser mais alta em águas costeiras tropicais devido à evaporação, podendo alcançar cerca de 40 em águas hipersalinas. A água doce possui salinidade menor do que 0,5. Então, a salinidade das águas estuarinas pode variar desde 0,5 até 28, faixa extremamente ampla, porém assim considerada para estuários (Brown, *et al.*, 1997).

Dessa forma, enquanto a água salina oceânica e a água doce de rios são caracterizadas por salinidades relativamente estáveis a água estuarina possui forte variabilidade. Além disso, é conveniente ser considerado que a classificação das águas quanto a salinidade é dependente da escala adotada por cada país.

Contudo, outros parâmetros químicos e físicos contribuem para a complexidade da determinação teórica da faixa de salinidade de estuários, entre eles estão a interferência com outros compostos químicos, efeitos da temperatura e pressão, mais óbvios, provenientes das distintas localizações geográficas dos estuários.

Assim, a salinidade é um relevante parâmetro na caracterização das águas, visto que ela determina diversas propriedades físico-químicas, composição de fauna e flora, e os usos que o homem pode delas fazer.

Mas, Day (1980) definiu estuário como um corpo de água costeiro parcialmente fechado, o qual pode estar, permanentemente ou parcialmente aberto para o mar, e no qual existe uma variação de salinidade mensurável oriunda da mistura da água do mar com a água doce derivada da drenagem de terra.

Essa definição, mais ampla, acomodou e abrangeu uma maior variedade dessas áreas de transição, sistemas estuarinos que, apesar de serem diferentes entre si, possuem algumas características físico-químicas, biológicas e ecológicas que podem ser correlacionadas por suas consistências relativas. Não obstante, cada estuário é único!

A principal diferença entre a definição de Day (1980) e as definições de Pritchard (1967) e de Fairbridge (1980), consiste na não obrigatoriedade de um corpo de água costeiro estar permanentemente em livre conexão com o mar aberto. Porém, não parece ser razoável considerar estuário simplesmente como um corpo de água.

Mas, é possível dizer que a mistura de águas que ocorre nesses sistemas se dá em proporções mensuráveis e, ainda, que pode ser estabelecido um padrão de diluição da água salgada pela água doce, surgindo uma base para classificação de estuários. Sobre essa perspectiva, eles são classificados como positivos, negativos ou neutros (McLusky e Elliott, 2004; Kaiser *et al.*, 2005).

Num estuário positivo a evaporação da superfície é menor do que o volume de água doce oriunda de rios e da drenagem de terra, o que provoca um fluxo de água doce por sobre a água salina proveniente do oceano, ocorrendo uma gradual mistura vertical das águas do fundo para a superfície, com impacto na estratificação vertical da salinidade e no regime de circulação das águas estuarinas. Esses estuários são típicos de zonas temperadas da Terra, mas não são exclusivos dessas regiões.

Um estuário negativo caracteriza-se pela situação oposta, ou seja, por possuir sua evaporação maior do que volume de água doce que entra no estuário, o que provoca fluxos tanto de água doce como de água salina na superfície, com impactos, também na estratificação vertical da salinidade e na circulação das águas. Os estuários negativos são mais frequentes em zonas tropicais, com altas salinidades superficiais em função das mais altas taxas de evaporação. Contudo, estuários negativos não são, também, exclusivos dessas regiões tropicais.

Nos raros estuários neutros a evaporação é exatamente igual ao volume de água doce oriunda de rios e da drenagem de terra, provocando um estático gradiente vertical de salinidade. Em realidade, esta classificação é considerada como situações de transição entre estuários positivos e negativos.

³ Medida adimensional em Unidade Prática de Salinidade (UPS) determinada com base na relação de proporcionalidade direta entre a condutividade eletrolítica da água do mar e a condutividade de uma solução de cloreto de potássio contendo 32,4356 g/kg, a temperatura de 15 °C e à pressão atmosférica padrão (Chang, 2005).

Segundo McLusky e Elliott (2004), os estuários (Fig. 2.1), em geral, são habitats intermediários entre o oceano, a terra e a água doce. Habitats que representam situações Muitos desses fatores estão intimamente ligados aos padrões de distribuição da salinidade que, por sua vez, dependem, entre outros, do potencial hidrogênico (pH), da vazão dos rios, da circulação das águas, da intensidade das correntes, do ciclo das marés, da amplitude das ondas, da deposição de sedimentos, da temperatura, da pressão, da turbidez, da disponibilidade de oxigênio, da precipitação, da evaporação e do suprimento de nutrientes.

Além disso, o ambiente estuarino é dominado por fino material sedimentar que fica, tanto em suspensão na massa líquida, quanto depositado no leito, normalmente, em forma de lodo e lamaçal.

Desde épocas remotas até os nossos dias, estuários abrigam e são fonte de vida para diversos organismos e para o ser humano que persiste em exercer pressão antrópica sobre esses sistemas, principalmente, por razões econômicas, a exemplo dos principais estuários do mundo.

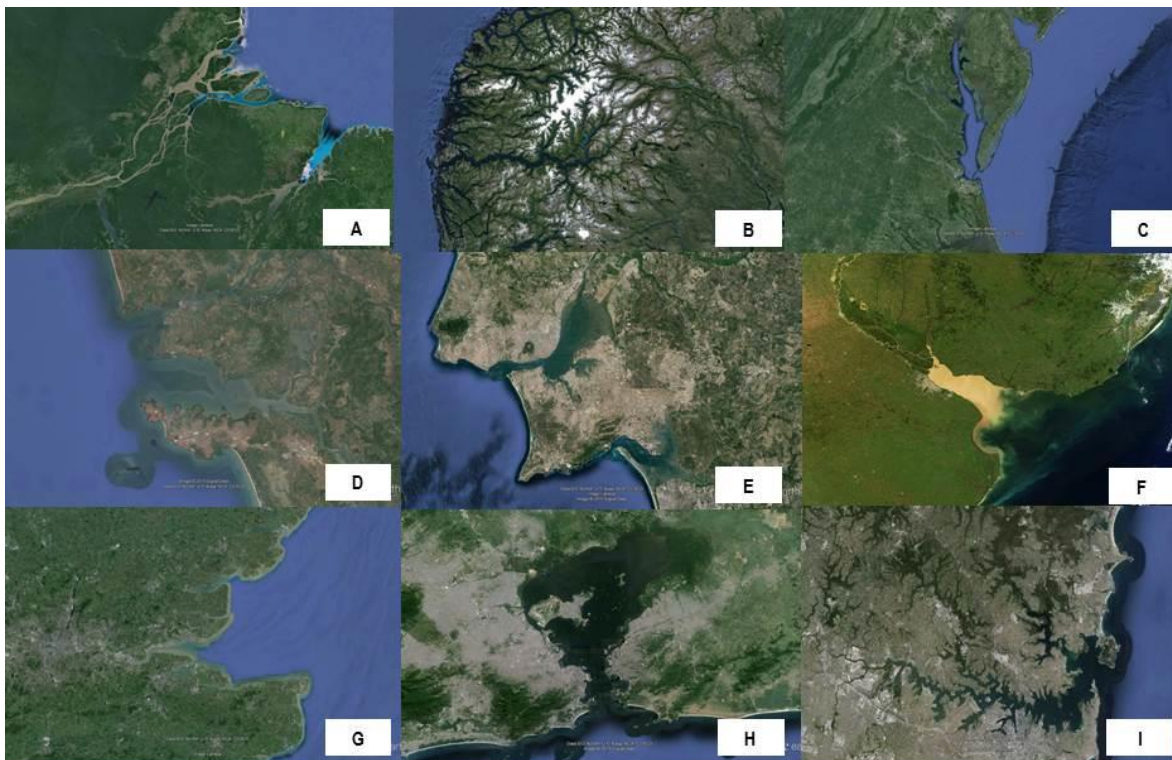


Fig. 2.1. Mosaico de imagens de diferentes de estuários. A) Estuário do Rio Amazonas (Brasil); B) Estuário dos Fiordes Noruegueses (Noruega); C) Estuário da Baía de Chesapeake (EUA); D) Estuários dos Rios Mandovi e Zuari (Índia); E) Estuários dos Rios Tejo e Sado (Portugal); F) Estuário do Rio da Prata (Uruguai e Argentina); G) Estuário do Rio Tamisa (Reino Unido); H) Estuário da Baía de Guanabara e I) Estuário da Baía de Sydney (Austrália).

Adaptado de imagens Landsat, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO; www.earth.google.com.

2.2. Meio aquático, fitoplâncton e cadeia alimentar estuarina

Estão presentes nas águas oceânicas (alto-mar), em diferentes concentrações, a maior parte dos elementos naturais, além de serem identificáveis alguns dos seus constituintes dissolvidos (Tabela⁴ 2.1) (Brown, *et al.*, 1997). Elas possuem, em média, 34,8 g de sais dissolvidos por quilograma (Kg) dessa água. Desse montante, sódio (Na) corresponde a 10,77 g e cloro (Cl) representa 19,35 g, seguidos do magnésio (Mg), com 1,29 g Kg⁻¹, e de sulfato (SO₄²⁻), com 2,71 g Kg⁻¹. Encontram-se,

⁴ A tabela 2.1 não representa o estado da arte na composição da água oceânica, à luz dos seus dados terem sido compilados de diferentes fontes, além de serem oriundos da utilização de diversas metodologias ou técnicas de cálculo, o que pode resultar em diferenças entre as literaturas sobre o tema. E, até porque, ela não expõe todos os elementos naturais e constituintes iônicos nela identificados.

presentes, também, por exemplo, o iodo (I), o urânio (U), o ferro (Fe) e o ouro (Au) nas concentrações de $6,00 \times 10^{-2}$ ppm, $3,20 \times 10^{-3}$ ppm, $5,50 \times 10^{-5}$ ppm e $4,00 \times 10^{-6}$ ppm, respectivamente (Graham e Wilcox, 2000). Então, como é de se esperar, as águas oceânicas são dominadas pelo sódio e pelo cloro.

Tabela 2.1

Média da abundância de diversos elementos químicos e de alguns constituintes dissolvidos nas águas oceânicas. Adaptado de Brown, *et al.* (1997).

Elemento químico	Concentração (mg L ⁻¹ = ppm)	Alguns constituintes dissolvidos
cloro (Cl)	$1,95 \times 10^4$	Cl ⁻
sódio (Na)	$1,08 \times 10^4$	Na ⁺
magnésio (Mg)	$1,29 \times 10^3$	Mg ²⁺
enxofre (S)	$9,05 \times 10^2$	SO ₄ ²⁻ , NaSO ₄ ⁻
cálcio (Ca)	$4,12 \times 10^2$	Ca ²⁺
potássio (K)	$3,80 \times 10^2$	K ⁺
carbono (C)	28,0	HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , CO ₂
nitrogênio (N)	11,5	N ₂ (gas), NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
oxigênio (O)	6,00	O ₂ (gas)
silício (Si)	2,00	Si(OH) ₄
fósforo (P)	$6,00 \times 10^{-2}$	HPO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻

Onze principais iões, Cl⁻, Na⁺, SO₄²⁻, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, HCO₃⁻, Br⁻, H₂BO₃⁻, Sr²⁺ e F⁻, perfazem 99,9% dos constituintes dissolvidos nas águas oceânicas, nessa ordem decrescente de abundância (Brown, *et al.*, 1995; Graham e Wilcox, 2000). Suas concentrações variam ligeiramente de local para local e as suas alterações ocorrem em períodos muito longos, à exceção do alumínio (Al) e do ferro (Fe), que sofrem alterações na escala de 10² anos. Apesar do Fe ser abundante na Terra, como o Al, ele se apresenta no estado sólido, à temperatura ambiente. Entretanto, se forem consideradas as necessidades metabólicas de diversos organismos por este elemento considera-se que o Fe é limitado na natureza, mesmo sendo necessárias relativamente em pequenas quantidades.

Já a água doce, de rios e de lagos, é dominada por cálcio (Ca) e bicarbonato (HCO₃⁻) e suas concentrações podem variar em mais curto espaço de tempo, desde dias e semanas, até 100 anos, no máximo (Graham e Wilcox, 2000).

Neste ponto do trabalho a abordagem química do meio aquático se faz relevante porque parcelas desses elementos químicos e constituintes, tanto da água oceânica, quanto da água doce, e portanto da água salobra, são vitais para o metabolismo celular do fitoplâncton.

O metabolismo fitoplanctônico retrata as reações químicas que ocorrem nas suas células, sendo responsável pelo crescimento, pela reprodução, pela adequação de estruturas celulares e, ademais, pelas respostas convenientes aos ambientes nos quais estas células estão inseridas.

Reynolds (2006) definiu fitoplâncton como o coletivo de microorganismos fotossintéticos, adaptados a viver parcialmente ou continuamente em águas abertas, que dispõem de pigmentos acessórios e de clorofila⁵, dos quais o mais importante é a clorofila *a* (Chl *a*).

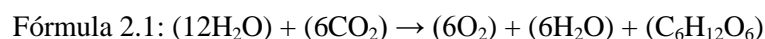
O fitoplâncton, cujos grupos taxonômicos dominantes diferem entre a água doce e a água salgada, é o principal produtor primário de carbono orgânico em zona pelágica e em águas interiores, exercendo papel base à cadeia alimentar. Daí, surge a necessidade de um melhor entendimento sobre esses microorganismos, sem a pretensão de esgotar o assunto neste trabalho.

No meio aquático o fitoplâncton necessita de nutrientes essenciais, inorgânicos e orgânicos, que estão dissolvidos e particulados na massa líquida. O carbono (C) é raramente limitado na água, em consequência do dióxido de carbono (CO₂) que, embora em condições normais seja relativamente escasso se comparado com outros gases componentes da atmosfera, possui alta solubilidade em água. Mas, a forma que o carbono adquire na água depende do pH. Na maioria dos rios e em todos os oceanos, em função deste parâmetro (pH), dióxido de carbono (CO₂) assume a forma predominante de soluções contendo o ião bicarbonato (HCO₃⁻) (Chang, 2005; Graham e Wilcox, 2000). E, como se sabe, o CO₂ é também fundamental à fotossíntese das plantas.

Para o seu metabolismo o fitoplâncton necessita, também, de N, P e Si (principais macronutrientes), e, ainda, de Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Co e Mo (principais micronutrientes), metais normalmente raros, quase que exclusivamente ligados à matéria orgânica dissolvida (MOD) (Chang, 2005; Graham e Wilcox, 2000; Kaiser et al., 2005; Reynolds, 2006; Smayda, 2005).

Mas, as células do fitoplâncton absorvem, preferencialmente, formas inorgânicas de nitrogênio, tais como: amônia (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻) e nitrito (NO₂⁻); formas inorgânicas de fósforo, como ortofosfato (PO₄³⁻) e formas inorgânicas de silício, tais como: silicatos SiO₂(OH)₂²⁻, SiO(OH)₃⁻ e Si(OH)₄, a fim de reduzirem seus consumos energéticos no processo metabólico (Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006).

Assim, para a fixação do carbono durante a fotossíntese fitoplanctônica, são relevantes os principais macronutrientes inorgânicos e os principais micronutrientes (Chang, 2005; Kaiser *et al.*, 2005; Smayda, 2005). Essa fotossíntese, uma reação redox bioquímica, pode ser escrita conforme a fórmula molecular 2.1 (Graham e Wilcox, 2000, Chang, 2005):



Ou seja, energia solar oxida a água, cujo produto é oxigênio. O dióxido de carbono reduzido é temporariamente fixado nas células do fitoplâncton como matéria orgânica (ex: glicose) que vem servir à biossíntese. Dessa forma, moléculas inorgânicas são transformadas em matéria orgânica. Todavia, enquanto na fotossíntese, o fitoplâncton fixa o carbono, na síntese e na degradação, dióxido de carbono (CO₂) é liberado para a atmosfera e para a água (Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006).

Estudos recentes mostram que esse metabolismo, apesar de conhecido, traz consequências para a litosfera, hidrosfera e atmosfera, além de impactar à biosfera.

Para a biossíntese, como já visto, são necessários fluxos de macronutrientes e de micronutrientes, cujos produtos são: ácido nucleico, lipídios, proteínas, enzimas, entre outras substâncias necessárias ao crescimento celular do fitoplanctônica. Dessa forma, o fitoplâncton assimila minerais, tais como: C, N, P, S, e Si, sendo este último para o caso de diatomáceas e silicoflagelados (Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006; Smayda, 2005).

⁵ Aspecto essencial às medições radiométricas de séries temporais de concentrações de clorofila em sistemas aquáticos, utilizando espectrômetros orbitais, a exemplo do instrumento MERIS (*medium resolution imaging spectrometer*) instalado em satélite de agência europeia (Kampel, 2003; Oliveira *et al.*, 2015). Contudo, isso não descarta a importância das medições *in situ*, até porque estas servem como parâmetros para aquelas que estão, ainda, em compasso de desenvolvimento, além da necessidade de haver confirmações.

A Figura 2.2 mostra a relação entre a taxa de assimilação de nutrientes (V), catalisados pelas enzimas, e a concentração de nutrientes (S). Nela são identificadas duas características que variam entre espécies fitoplanctônicas e que influenciam as suas respostas aos fluxos de enriquecimento ou de limitação de nutrientes: a velocidade máxima de assimilação celular (V_{max}) e, na concentração de nutrientes (S), a constante de saturação (K_s) na qual a assimilação é a metade da V_{max} (Smayda, 2005).

A constante de saturação é um dos factores que determina a taxa de assimilação de nutrientes, que também depende da concentração absoluta no exterior da célula. Espécies com células de K_s baixo tendem a ser favorecidas em ambientes de limitação de nutrientes, já espécies com células de K_s elevado e elevada taxa de assimilação tendem a ser favorecidas em ambientes ricos em nutrientes.

Experimentos demonstram que associado ao incremento da taxa de assimilação de nutrientes (V), pelo aumento da concentração de nutrientes (S), está um aumento na abundância da espécie, similar à curva azul mostrada na Figura 2.2.

Porém, essa abundância é limitada até um nível assintótico no qual, mesmo com o incremento da concentração de nutrientes, o crescimento celular permanece relativamente constante, podendo, este mesmo incremento, ser considerado limitante ao crescimento do fitoplâncton (Smayda, 2005).

As espécies, ao atingirem esse nível assintótico, podem ficar dependentes de parâmetros endógenos, como suas capacidades nas reações de transporte intracelular. Mas, essas capacidades variam entre as espécies, além de variarem, também, por exemplo, a tipologia dos nutrientes e a disponibilidade de oxigênio, ou seja, factores exógenos são relevantes.

Nesse contexto, a suposição do favorecimento de espécies menos eficientes por intermédio do enriquecimento com nutrientes parece não ser tão realista.

Em realidade, espécies tidas como oportunistas, possuem capacidades evolutivas consideradas estratégias para se favorecerem dos ambientes aquáticos com elevadas concentrações de nutrientes, tal como a maior capacidade de armazenamento celular, em detrimento ao crescimento ou vice-versa.

De facto, todas as espécies possuem estratégias para as suas sobrevivências num jogo competitivo pelo direito à vida.

Não obstante, geralmente, concentrações incrementais de nutrientes nos ambientes aquáticos, favorecem o crescimento do fitoplâncton, mas, até determinadas abundâncias. (Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006; Smayda, 2005).

Na reação bioquímica da fotossíntese o fitoplâncton transforma energia luminosa em biomassa. Quando o fitoplâncton é privado de luz a fotossíntese cessa. Se a luz diminui a fotossíntese também diminui. Por outro lado, se os nutrientes forem escassos, no nível celular individual, a respiração será priorizada e mais oxigênio será consumido, consequentemente, a fotossíntese será diminuída (Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006).

Dessa forma, se a razão entre a produção de oxigênio fotossintético e a respiração for menor do que 1, massas fitoplanctônicas serão levadas à hipoxia e, num extremo, à anoxia, com a correlata depleção do oxigênio dissolvido (OD) na massa de água envolvida (Smayda, 2005). Entretanto, geralmente, o processo de eutrofização é a causa dessa situação, pelo excessivo crescimento da biomassa e o correlacionado consumo exagerado de oxigênio, o que é considerado um desequilíbrio na massa líquida, tendo em vista existirem as naturais trocas com a atmosfera (Graham e Wilcox, 2000).

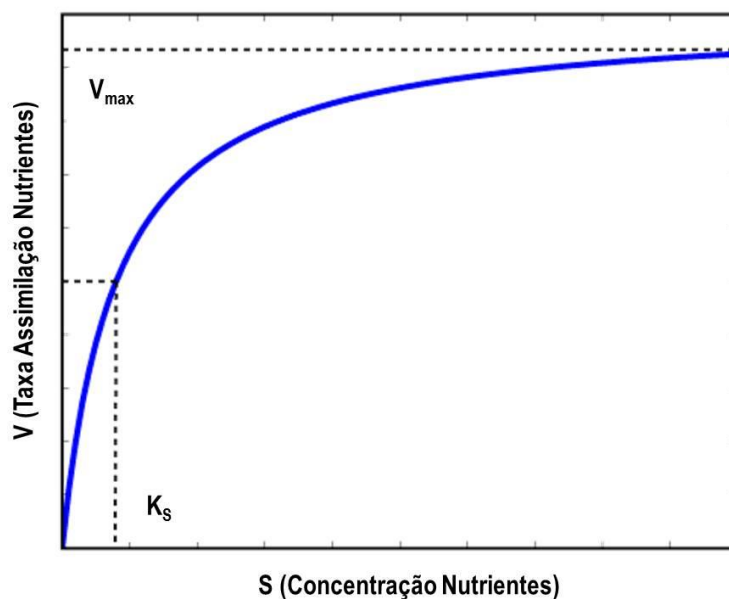


Fig. 2.2. Dinâmica da assimilação de nutrientes pelas suas concentrações.
 Nota: (V) taxa de assimilação de nutrientes, (S) concentração de nutrientes, (V_{max}) velocidade máxima de assimilação e (K_s) constante de saturação.
 Adaptado de Graham e Wilcox (2000) e Smayda (2005).

Sob essas condições, o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o silício (Si) para diatomáceas⁶, são macronutrientes essenciais, os quais o fitoplâncton deve obter do ambiente para o seu crescimento ocorrer. A dinâmica desse crescimento está correlacionada com os fluxos espaciais e temporais desses nutrientes (Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006).

Uma particular característica do fitoplâncton, sua dimensão (volumétrica e superficial), é fundamental à sobrevivência das espécies. Seu comprimento pode variar de 0,2 μm (1×10^{-6} m) até pouco mais de 2 mm (1×10^{-3} m) (Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006).

Geralmente, no crescimento celular do fitoplâncton o seu volume aumenta na proporção cúbica (10^3) do seu raio, enquanto sua área superficial aumenta na proporção quadrática (10^2). Conseqüentemente, a razão entre a área superficial (AS) e o volume (V), torna-se menor. Por exemplo, se forem consideradas e comparadas as espécies *Microcystis aeruginosa* com volume de $4,2 \times 10^6 \mu\text{m}^3$ e área superficial de $1,26 \times 10^5 \mu\text{m}^2$ e a *Ankistrodesmus falcatus* com volume de $30 \mu\text{m}^3$ e área superficial de $110 \mu\text{m}^2$, ter-se-ão as razões AS/V de $0,03 \mu\text{m}^{-1}$ e $3,67 \mu\text{m}^{-1}$, respectivamente. Nota-se, então, que a razão AS/V é maior para a *Ankistrodesmus falcatus* do que para a *Microcystis aeruginosa*.

Há, também, relação entre o volume celular e a taxa máxima de reprodução. No caso da *Ankistrodesmus falcatus* ($V = 30 \mu\text{m}^3$) a taxa máxima de reprodução é de $1,59 \mu\text{m}_{\text{max}}\text{dia}^{-1}$ e para a *Microcystis aeruginosa* ($V = 4,2 \times 10^6 \mu\text{m}^3$) essa taxa é de $0,48 \mu\text{m}_{\text{max}}\text{dia}^{-1}$ (Graham e Wilcox, 2000).

Dessa forma, grandes células e colônias de espécies fitoplanctônicas, geralmente, possuem baixas taxas de reprodução. Em contrapartida, pequenas células têm elevadas taxas de reprodução (Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006).

Assim, se o fitoplâncton recebe impulsos de nutrientes são esperadas respostas bioquímicas: células pequenas respondem com explosão do crescimento, enquanto células maiores respondem com maior armazenamento, o que se traduz como uma estratégia competitiva pela sobrevivência. Há, ainda, por outro lado, respostas biogeoquímicas, isto é, respostas com impactos nos ecossistemas aquáticos, como os *blooms* fitoplanctônicos que ocorrem nos oceanos, rios, estuários, baías, lagos e lagoas (Granéli, 2005).

⁶ Único grupo que possui parede celular siliciosa.

Florações nocivas de algas, do inglês, *harmful algal blooms* (HABs), normalmente, estão associadas à explosão do crescimento e à reprodução exagerada de algas não tóxicas e tóxicas - mais raras. Estas últimas podem, por exemplo, ter efeito letal para a fauna, inclusive, indiretamente para os seres humanos, pela ingestão de peixes, crustáceos e moluscos intoxicados (Granéli, 2005).

HABs provocam, também, impactos danosos de longo alcance, tais como: desequilíbrios na cadeia alimentar, deficiência de oxigênio em águas profundas associada à mortalidade em massa de animais bentônicos e peixes, entupimento de brânquias de peixes e invertebrados; sufocamento de corais e da vegetação aquática submersa; águas com odores desagradáveis e peixes com paladar ruim (Granéli, 2005).

O primeiro *bloom* cientificamente estudado e associado à mortalidade de peixes e à depleção de oxigênio nas águas da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil, ocorreu em 1914, com a espécie tóxica de dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* (Faria, 1914).

Um exemplo de floração excessiva de algas no estuário da Baía de Guanabara é mostrado na Figura 2.3.



Fig. 2.3. Imagem de floração excessiva de algas na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil.
Nota: Ave *Coragyps atratus* (urubu de cabeça preta) na abundância de algas, com a maré 0,1 m abaixo do nível de redução.
Fonte: O autor, em 31 de Julho de 2015,

Redfield (1958) propôs que o crescimento máximo do fitoplâncton marinho fosse determinado pela razão entre os seus principais macronutrientes: 106 C: 16 N: 1 P, e, para diatomáceas e outras algas: 106 C: 16 Si: 16 N: 1 P (Graham e Wilcox, 2000), guardando similaridade com a razão de crescimento do plâncton marinho.

Nesse sentido, conclui-se que dois aspectos atinentes à absorção de nutrientes pelo fitoplâncton podem ser sistematizados: 1º) os nutrientes são requeridos em razões constantes, principalmente, na razão entre o carbono, o nitrogênio e o fósforo, que reflete a razão natural nos oceanos e 2º) cada espécie tem uma necessidade elementar única, de modo que a composição total das espécies determina o consumo de alguns nutrientes num “jogo” competitivo, no qual estratégias evolutivas prevalecem e espécies oportunistas são privilegiadas caso ocorram distorções na razão entre os principais macronutrientes.

Então, desequilíbrios, principalmente nos fluxos dos macronutrientes das formas inorgânicas de nitrogênio (N) e de fósforo (P), podem trazer consequências para a abundância e à diversidade das populações fitoplanctônicas, notadamente, em ecossistemas aquáticos mais sujeitos às mudanças e mais restritos geomorfologicamente, como zonas costeiras, estuários, rios e lagos, se comparados com os oceanos.

Dessa forma, o fitoplâncton, sensível às mudanças ambientais, especialmente aos fluxos de enriquecimento (ou de limitação) de nutrientes, é considerado um indicador ecológico para avaliar processos de eutrofização (Brito, *et al.*, 2012; Smayda, 2005).

Sob essa ótica, em águas de transição superficiais da Europa, três parâmetros podem, geralmente, ser considerados para indicação do estado ecológico dessas águas: 1) a biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*), 2) a composição e a abundância do fitoplâncton e 3) a frequência e a intensidade de *blooms* (CEC, 2000; Brito, *et al.*, 2012; Coutinho, *et al.*, 2012).

Porém, outros fatores abióticos devem estar associados à essa indicação ecológica, a fim de torná-la mais consistente (Chang, 2005; Graham e Wilcox, 2000; Reynolds, 2006). Até porque, no caso de estuários, alterações físico-químicas das águas tendem a ser mais acentuadas e frequentes se comparadas com aquelas que ocorrem nos rios, lagos e oceanos, obrigando a adaptação da biota.

Nesse contexto, estuários são caracterizados por terem abundâncias de organismos, mas baixa diversidade. Distúrbios, mesmo que sensíveis nestes sistemas, são uma ameaça. Despejos para águas costeiras e estuários são uma preocupação mundial. Estes são os ecossistemas mais fertilizados da Terra. Nos últimos cem anos, houve um incremento de nutrientes, nomeadamente P e N, como pode ser observado na Fig. 2.4 (Wassmann, 2005).

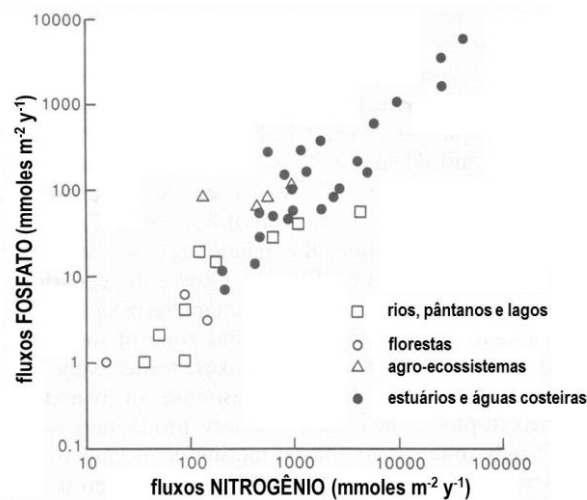


Fig. 2.4. Fluxos de fósforo e de nitrogênio em diferentes ecossistemas.

Nota: Estuários e águas costeiras são os que recebem os maiores fluxos a nível global.

Adaptado de Wassmann (2005).

Essas condições, certamente levam estresse fisiológico à biota estuarina. Contudo, outros fatores também são relevantes. Dada a sua extensão, o mais conspícuo é a salinidade, visto que os organismos e as próprias águas estuarinas são expostos a constante variação, em contraste com a salinidade relativamente estável que caracteriza os oceanos e os rios (McLusky e Elliott, 2004).

Sobre essa perspectiva, a salinidade como parâmetro de classificação das águas estuarinas, amplamente utilizada no passado, parece ainda ser relevante.

Há uma típica e tradicional subdivisão de estuários por zonas, refletindo uma visão geral das condições aparentes desses habitats (McLusky e Elliott, 2004; Kaiser *et al.*, 2005):

- Zona 1: Cabeça. Onde a água doce entra no estuário; dominada pelo fluxo do rio; salinidade < 5; fortes correntes resultam num grosso sedimento de pedras e cascalho.
- Zona 2: Curso Superior. Área principal de mistura de água doce e salina; salinidade com alta variabilidade, entre 5 e 18; turbidez máxima, correntes podem ser insignificantes resultando em sedimento fino e lamacento nas áreas entre marés.
- Zona 3: Curso Médio. Fluxos mais dominados por correntes de marés; salinidade entre 18 e 25; extensas zonas entre marés com lama, porém com mais presença de areia.
- Zona 4: Curso Baixo. Correntes de marés mais rápidas; salinidade entre 25 e 30; sedimentos compostos principalmente de areia.
- Zona 5: Boca. Onde o estuário encontra o mar; fortes correntes de maré e, geralmente, onde a salinidade é similar ao oceano adjacente (> 30); sedimentos de areia limpa com fragmentos de conchas, ou, até mesmo, em alguns casos, com rochas.

Já a variabilidade da salinidade nessas zonas pode ser considerada sobre o enfoque de duas componentes: 1ª) espacial (longitudinal e vertical), que oscila entre 0 e 0,5, na cabeça do estuário, até 34 ou 35, na boca estuarina; 2ª) temporal, na qual essas águas são submetidas aos ciclos das marés, vazões sazonais de rios e aos regimes de evaporação e de precipitação, o que implica no fato de certos organismos ficarem expostos periodicamente, num extremo, a salinidade 0, e, no outro extremo, a salinidade 35 (Kaiser *et al.*, 2005).

É intuitiva a compreensão de que nos estuários, geralmente, os sólidos dissolvidos totais provenientes da lixiviação; dos efluentes⁷ vazados nos rios e dos esgotos sanitários⁸; possuam maiores concentrações próximas da cabeça do estuário. Eles contêm, normalmente, elementos organógenos, classificados segunda a sua abundância, em elementos majoritários, traços e microtraços, tais como Fe, Cu, Zn, Mn, Mo e Si, micronutrientes necessários ao fitoplâncton (McLusky e Elliott, 2004; Smayda, 2005).

Apesar da complexidade do sistema estuarino, é perceptível, então, que as abundâncias de nutrientes para o fitoplâncton se encontram na região que compreende as zonas 1 (cabeça), 2 (curso superior) e 3 (curso médio), respectivamente. E, no interior do estuário, em áreas confinadas, nas quais a diluição é baixa e a circulação da água salina não é dinâmica, se comparadas com as zonas 4 (curso baixo) e 5 (boca).

Logo, nessa região (zonas 1, 2 e 3) são esperadas maiores concentrações, tanto de micronutrientes, quanto de macronutrientes, com as consequentes abundâncias do fitoplâncton (Kaiser *et al.*, 2005; McLusky e Elliott, 2004).

À biota estuarina se atribuem níveis tróficos (McLusky e Elliott, 2004). Em exagerada simplificação, o primeiro nível trófico é o de produtores. Nele estão as algas que obtêm sua energia pela fotossíntese, se utilizando dos nutrientes oriundos do rio e do oceano e dispondo de energia solar. O segundo nível é o de consumidores primários, nos quais estão os organismos herbívoros que se alimentam de substâncias vegetais. O terceiro nível trófico é o de consumidores secundários, no qual estão os organismos carnívoros que alimentam-se dos consumidores primários (Fig. 2.5).

A cada nível da cadeia trófica energia é consumida. E, enquanto alguma energia é convertida para o crescimento celular, ou rejeitada, a maior parte dela é dissipada como forma de calor na respiração e na predação.

A perda de energia devido a respiração e a predação é alta no primeiro nível trófico e decresce, progressivamente, nos demais níveis, acompanhando a eficiência na absorção de nutrientes. Devido a

⁷ Termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos (CONAMA, 2011).

⁸ Denominação genérica para despejos líquidos, preponderantemente, residenciais, comerciais e de águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não-domésticos (CONAMA, 2011).

essa perda sequencial de energia, raramente, há mais do que cinco níveis tróficos numa cadeia alimentar estuarina (McLusky e Elliott, 2004).

Há nesta cadeia alimentar, também, outras substâncias, tais como as excreções e os organismos mortos que ocorrem em todos os níveis tróficos. Estes são sintetizados ou degradados pelos microorganismos decompositores ou reutilizados pelos organismos do primeiro nível como detritos, num processo cíclico. Decompositores microbianos constituem, ainda, um quarto nível, que se denomina como consumidores terciários.

Mas, na observação prática, essa sistematização pode não ocorrer, à luz da alimentação ou predação poder ocorrer em níveis tróficos não sequenciais.

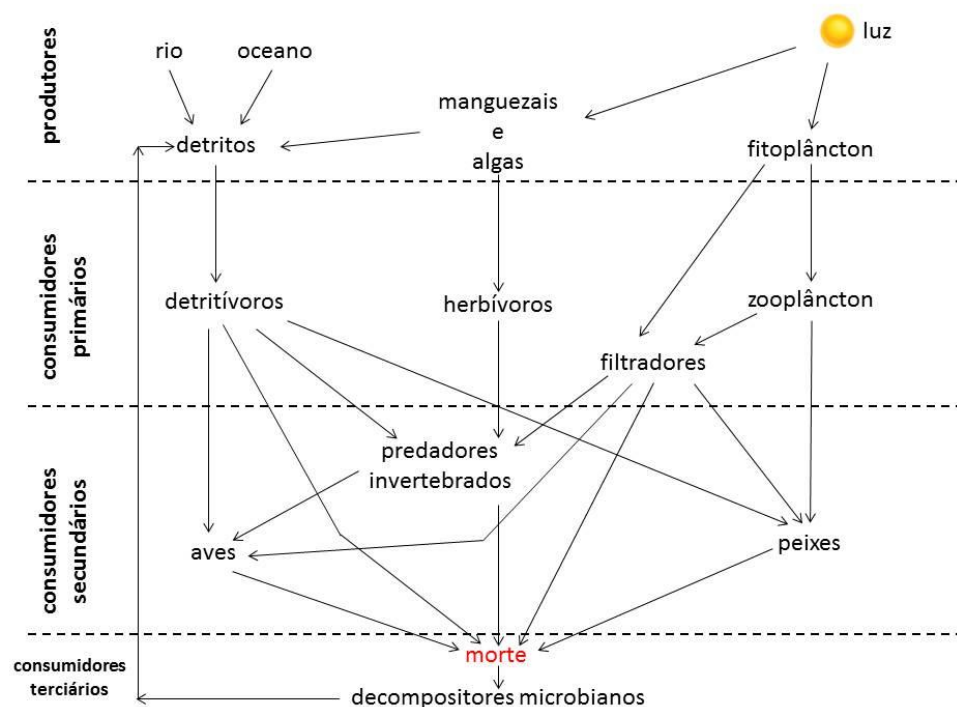


Fig. 2.5. Simplificação exagerada da cadeia alimentar estuarina em clima tropical úmido. Adaptado de McLusky e Elliott (2004).

3. Baía de Guanabara e uma avaliação sobre a sua eutrofização

3.1. Eutrofização

Neste ponto do trabalho é essencial caracterizar a poluição do meio marinho e a eutrofização de massas líquidas ou de corpos de água.

A poluição do meio marinho é a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou de energia neste meio, sempre que as mesmas provoquem ou possam vir a provocar efeitos nocivos, tais como: danos aos recursos vivos e à vida marinha; riscos à saúde do homem; entraves às atividades marítimas (incluindo a pesca e outras utilizações legítimas do mar); alteração da qualidade da água do mar e deterioração dos locais de recreio (CNUDM, 1982)⁹.

Para eutrofização, existem algumas conceituações, tais como:

- 1) Crescimento excessivo das plantas aquáticas a níveis tais, que sejam considerados como causadores de interferência com os usos desejáveis dos corpos d'água (Thomann e Mueller, 1987);
- 2) Aumento da taxa de produção de carbono orgânico num ecossistema (Nixon, 1995);

⁹ Esse foi o entendimento dos Estados Partes presentes ou daqueles que vieram a aderir, posteriormente, à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de Dezembro de 1982. Segundo esta Convenção, os Estados tem a obrigação de proteger e preservar o meio marinho.

3) Processo de mudança do estado nutricional dado num corpo d'água pelo acréscimo de fontes de nutrientes (Richardson e Jørgensen, 1996);

4) Reforço na entrada de nutrientes em um corpo de água levando alterações à estrutura biológica, aliado ao seu retorno (Christensen, *et al.*, 1998);

5) Processo de enriquecimento de um corpo d'água por nutrientes (Lamparelli, 2004);

6) Processo que consiste no incremento da taxa de suprimento de matéria orgânica para um ecossistema, que ocorre por mudanças de concentração de um fator (podendo ser mais do que um) e que limita o crescimento de algas (Kaiser *et al.*, 2005);

7) Incremento na produção primária devido ao incremento do fornecimento de nutrientes e suas consequências (Wassmann e Olli, 2005); e

8) Aumento excessivo de nutrientes na água, especialmente fosfato e nitrato, que provoca crescimento exagerado de certos organismos, comumente algas, gerando efeitos secundários daninhos sobre outros (Ferreira, 2009).

Neste trabalho, eutrofização é considerada como um processo de enriquecimento de massas de águas por nutrientes, de forma natural ou induzido pelo homem, provocando acelerado crescimento de organismos, principalmente algas, e que traz como consequências alterações na qualidade da água e perturbações, normalmente indesejadas, aos organismos destas massas líquidas e do bentos e, ainda, aos seres vivos que delas fazem uso.

Diferentemente do processo natural de eutrofização, cuja escala temporal pode ser geológica, no qual os ambientes tendem a passar de um estágio oligotrófico¹⁰ para mesotrófico¹¹ e, finalmente, para eutrófico¹², o fenômeno da aceleração antropogênica deste processo pode ser observado em escala de tempo mais curta, por exemplo, em dias, semanas e décadas, sendo mundialmente conhecido (Lamparelli, 2004).

Kaiser *et al.* (2005), por exemplo, categorizou, por aproximação genérica, estágios progressivos de processos de eutrofização específicos, tendo como parâmetro a produção primária anual. Tais estágios são:

1º) Oligotrófico: $< 100 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$

2º) Mesotrófico: $100\text{-}300 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$

3º) Eutrófico: $300\text{-}500 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$

4º) Hipertrófico: $> 500 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$

Não obstante, o estabelecimento de faixas de valores de parâmetros para esses processos é tarefa complexa, além de dependerem das especificidades de cada sistema. Para o caso de estuários, estes parâmetros se revelam ainda mais complexos, considerando que cada estuário é único.

No processo de eutrofização estuarina as principais fontes antrópicas de nutrientes podem ser reunidas, geralmente, em cinco grandes grupos de atividades humanas: a) aglomerados populacionais urbanos; b) agricultura; c) indústria; d) pecuária e e) aquicultura. Os despejos de matéria orgânica e inorgânica desses grupos são os maiores contribuintes para a aceleração da eutrofização em estuários (Wassmann e Olli, 2005).

Segundo Lamparelli (2004), são diversos os efeitos decorrentes da eutrofização nos ecossistemas aquáticos e que podem, também, ser aplicáveis aos estuários. Essa autora listou alguns desses efeitos, bem como uma série de problemas relacionados aos diferentes usos dos corpos de água pelo homem, conforme assim são resumidos:

a) efeitos em ecossistemas aquáticos:

- aumento da biomassa de algas, plantas e animais;

- aumento da turbidez;

¹⁰ Baixa concentração de nutrientes e baixa produtividade primária.

¹¹ Estágio intermediário entre oligotrófico e eutrófico.

¹² Alta concentração de nutrientes e elevada produtividade primária.

- aumento da taxa de sedimentação;
- possibilidade de ocorrência de condições anóxicas; e
- diminuição da diversidade de espécies e modificação da biota dominante.

b) problemas associados ao uso da água:

- possibilidade de adquirir odor inaceitável;
- potencialidade de ser prejudicial à saúde humana;
- aumento das algas e da vegetação aquática podem impedir fluxos de água e a navegação; e
- potencialidade do desaparecimento de espécies comercialmente importantes.

Todavia, nos países em desenvolvimento, a eutrofização antropogênica de estuários, na maioria das vezes, está associada ao aumento da contribuição de esgotos para os corpos de água. Nas últimas décadas, a degradação dos rios foi particularmente importante, decorrente, sobretudo, do acelerado crescimento demográfico e da urbanização, sem o devido saneamento básico (Lamparelli, 2004).

O foco desta dissertação é estrito à eutrofização provocada pelo homem na massa de água do estuário da Baía de Guanabara, tomando por base parâmetros físico-químicos e indicadores biológicos e ecológicos, pretéritos.

3.2. Geografia da Baía de Guanabara e o entorno estadual

A histórica Baía de Guanabara foi berço das comunidades indígenas temiminós e tupinambás, ambas das tribos tupis que, no século XVI, praticavam a agricultura de subsistência baseada em queimadas e a pesca artesanal (Ferreira, 1986; Bueno, 2003; Navarro, 2013). Desse século, passando pelo século XIX (da independência do Brasil, em 1822), até os nossos dias, esse local estratégico fixou e exerceu magnetismo aos imigrantes, nomeadamente da sociedade europeia que, miscigenados a negros e índios, passaram a dispor dos seus recursos naturais e da segurança da sua geomorfologia.

Porém, a degradação do sistema estuarino da Baía de Guanabara, e mais especificamente, da sua massa de água, se intensificou a partir das décadas de 50 e 60 do século XX, devido, principalmente, ao acelerado crescimento populacional urbano e ao desenvolvimento agro-industrial, alcançando um estado crítico na década de 90. Ao longo desses anos, por exemplo, percentuais de ecossistemas¹³ da baía foram destruídos, aterros e dragagens foram realizadas em áreas do seu espelho de água e no seu sedimento, o solo circunvizinho à baía foi usado desordenadamente e rios da bacia de drenagem receberam despejos, principalmente, de efluentes e de esgotos domésticos, além do descarte de lixo sólido (COPPETEC, 2014; FEEMA, 1998; JICA, 1994; Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012).

Nos últimos 64 anos, portanto, o suprimento dos serviços e de obras de infraestrutura de saneamento e drenagem não acompanhou a demanda. A ação governamental pública foi insuficiente e inadequada! Alia-se a esse fator, e ainda o agrava, o aspecto sociocultural da população dessa região.

A bacia de drenagem e a Baía de Guanabara estão localizadas entre os paralelos de 22°24' e 22°57' de latitude sul, e, entre os meridianos de 42°33' e 43°19' de longitude oeste, na Região Sudeste do Brasil, no Estado do Rio de Janeiro (Fig. 3.1).

Segundo a CNUDM (1982) baía¹⁴ é uma reentrância bem marcada, cuja penetração em terra, em relação à largura da sua entrada, é tal que contém águas cercadas pela costa e que constitui mais do que uma simples inflexão dessa costa. Mas, uma reentrância não será considerada como uma baía, se a

¹³ Os mangais chegaram a cobrir 260Km² de área ao redor da Baía de Guanabara, mas, ao longo dos anos, foram reduzidos a 80Km², o que representa uma redução de cerca de 70% (Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012).

¹⁴ Essa conceituação não se aplica às baías chamadas “históricas” e àquelas cujas costas pertençam a mais de um Estado.

sua superfície não for igual ou superior à de um semicírculo que tenha por diâmetro a linha¹⁵ traçada através da entrada da referida reentrância.

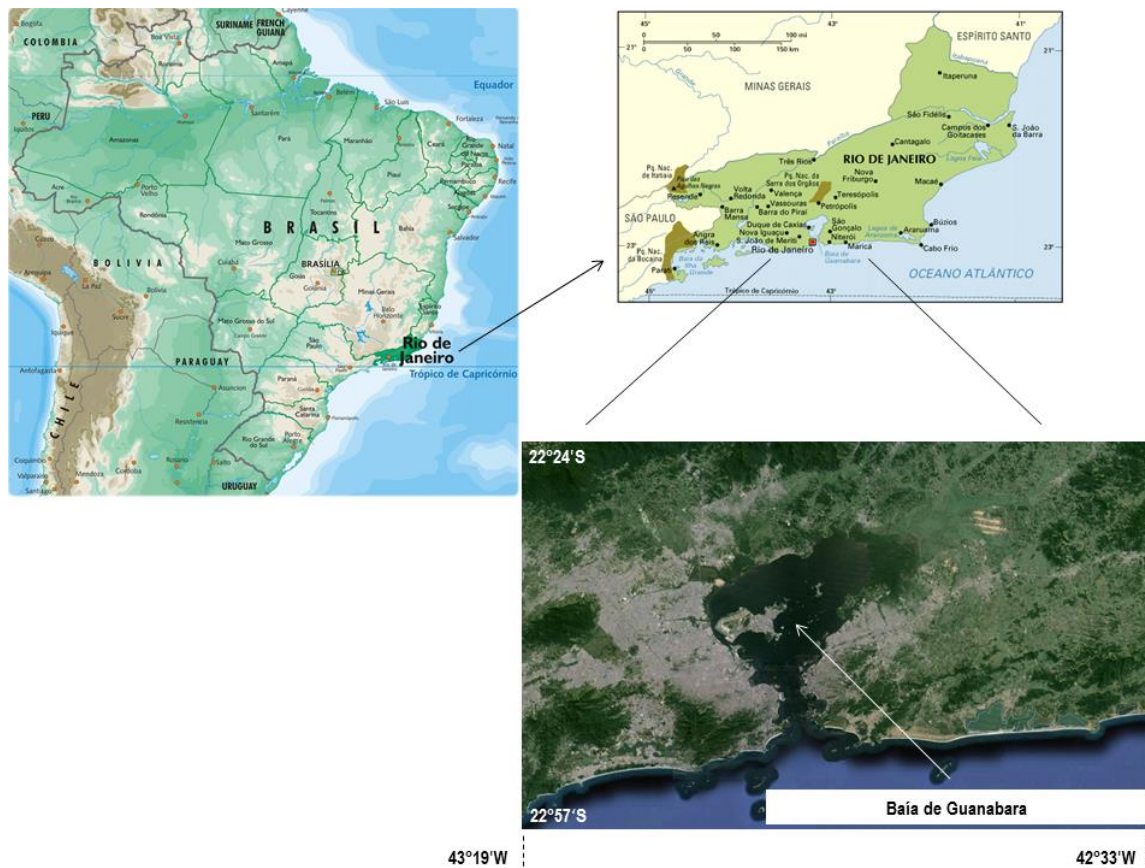


Fig. 3.1. Localização geográfica da bacia de drenagem e da Baía de Guanabara.

Nota: A bacia de drenagem abrange 4.080Km² e está contida em toda a imagem satélite, considerando um observador na altitude de 85,05Km.

Adaptado de imagem Landsat, de 15 de Julho de 2015, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO e de Mapas Rio; www.earth.google.com e www.mapas-rio.com.

Mas, diante da necessidade de promover ajustes e atualizações nos limites coincidentes com divisores de águas e divisas municipais, com poio das bases topográficas na escala 1:50.000; da mais recente divisão político-administrativa oficial do estado; da modificação de limites que eram coincidentes com rios para limites coincidentes com divisores das bacias desses rios; e dos ajustes de limites para coincidir com ruas ou bairros em perímetros urbanos, o território do Estado do Rio de Janeiro foi dividido em 9 Regiões Hidrográficas (RH) (Fig. 3.2 e Fig. 3.3), todas fazendo parte da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste que engloba bacias de rios que desaguam no Oceano Atlântico, no trecho sudeste do País (CERHI, 2013; COPPETEC, 2014).

Tal divisão não invalida o conceito de baía internacionalmente aceito. Essa repartição territorial, no caso do Estado do Rio de Janeiro, teve foco na melhoria da gestão dos seus recursos hídricos.

¹⁵ Se a distância entre as linhas de baixa-mar dos pontos naturais de entrada de uma baía não exceder 24 milhas marítimas, pode ser traçada uma linha de demarcação entre estas duas linhas de baixa-mar e as águas assim encerradas são consideradas águas interiores.

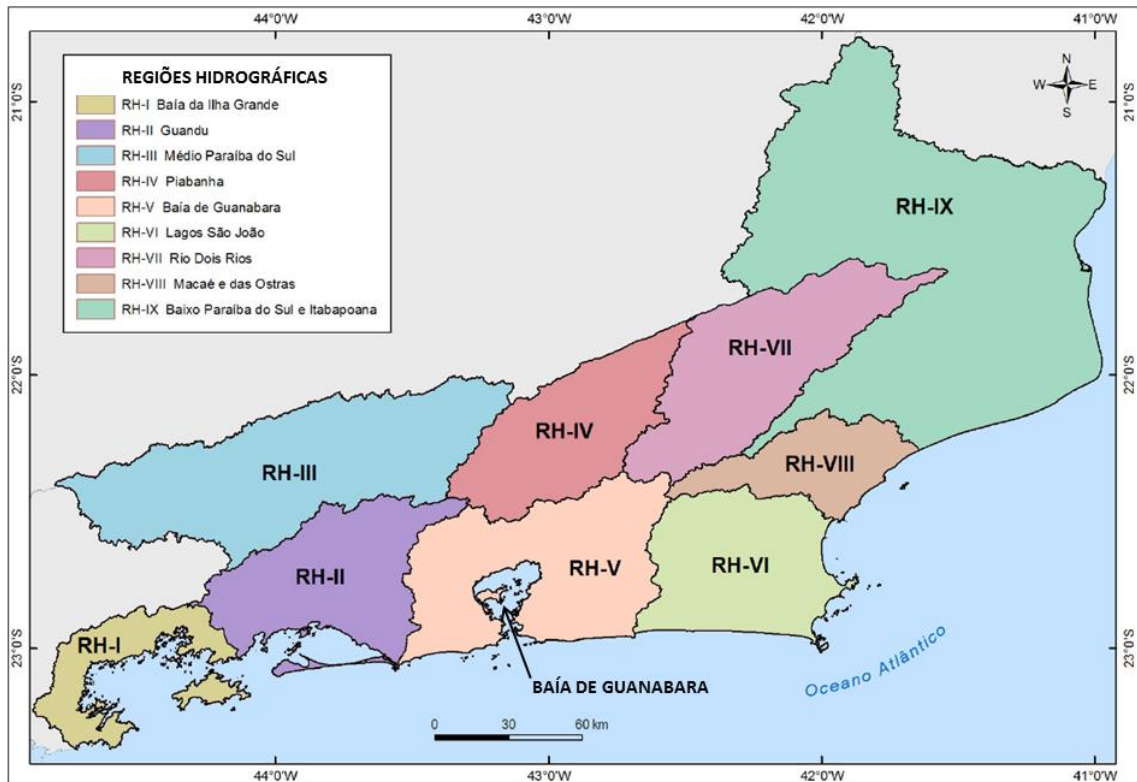


Fig. 3.2. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Adaptado de COPPETEC (2014).

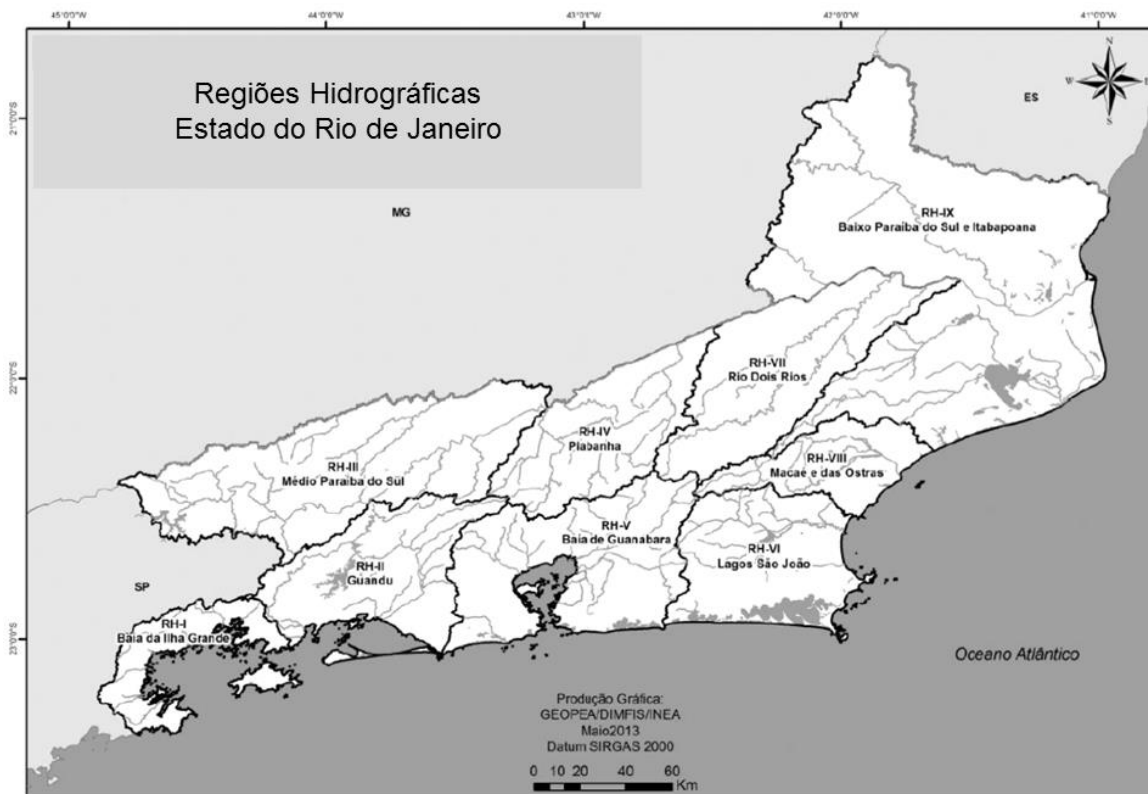


Fig. 3.3. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro (RJ) e 3 estados federativos brasileiros limítrofes. Nota: O Estado do Rio de Janeiro está em cor branca e o estado de São Paulo (SP), Minas Gerais (MG) e Espírito Santo (ES) estão em tom cinza claro. As linhas cinzas, no interior do RJ, fornecem uma visão abrangente da sua malha hidrográfica. Adaptado de CERHI (2013).

Em 2013, então, foi estabelecida a Região Hidrográfica V (RH V) Baía de Guanabara, estando a Baía de Guanabara inserida nesta RH de mesmo nome. As suas 18 principais bacias hidrográficas menores, além de exclusivas do Estado do Rio de Janeiro, ficaram ressaltadas:

- ✓ Bacias contribuintes às Lagunas de Itaipu e Piratininga;
- ✓ Bacia do Guaxindiba-Alcântara;
- ✓ Bacia do Caceribu;
- ✓ Bacia do Guapimirim-Macacu;
- ✓ Bacia do Roncador ou Santo Aleixo;
- ✓ Bacia do Iriri;
- ✓ Bacia do Suruí;
- ✓ Bacia do Estrela, Inhomirim, Saracuruna;
- ✓ Bacias contribuintes à Praia de Mauá;
- ✓ Bacia do Iguaçú;
- ✓ Bacia do Pavuna-Meriti;
- ✓ Bacias da Ilha do Governador;
- ✓ Bacia do Irajá;
- ✓ Bacia do Faria-Timbó;
- ✓ Bacias drenantes da vertente norte da Serra da Carioca;
- ✓ Bacias drenantes da vertente sul da Serra da Carioca;
- ✓ Bacias contribuintes à Praia de São Conrado; e
- ✓ Bacias Contribuintes ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá.

Não obstante, há bacias maiores na RH Atlântico Sudeste que abrangem mais de um estado brasileiro (Fig. 3.4). No caso do Estado do Rio de Janeiro (COPPETEC, 2014):

- a) bacia do rio Paraíba do Sul, compartilhada com São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG);
- b) bacia do rio Itabapoana¹⁶, compartilhada com Espírito Santo (ES) e Minas Gerais (MG); e
- c) bacia do rio Mambucaba e bacias dos rios Bracuí e Ariró, compartilhada com São Paulo (SP).

As bacias compartilhadas com os estados vizinhos, somadas às bacias inteiramente situadas no território do Estado do Rio de Janeiro, formam uma área total superior a 82.000km², próximo do dobro da área do estado¹⁷ que possui aproximadamente 43.782km². Os trechos das bacias compartilhadas situados fora do estado conformam uma área equivalente a 88% da área territorial do estado. Na bacia do rio Paraíba do Sul está a maior parte desta rede hidrográfica externa (COPPETEC, 2014).

A bacia do rio Paraíba do Sul é a maior bacia e o principal manancial de abastecimento de água e energia do Estado do Rio de Janeiro.

Portanto, do ponto de vista da gestão ambiental do seu território, mais especificamente das suas águas, o Estado do Rio de Janeiro está diretamente vinculado aos demais 3 estados que constituem a Região Sudeste do País. Ressalta-se que o território do Estado do Rio de Janeiro, nele incluídos o estuário da Baía de Guanabara, águas interiores e o mar territorial de 12 milhas náuticas ao longo de cerca de 1.160km de contorno litorâneo do continental, estão a jusante dos outros estados recebendo em suas águas, portanto, impactos dos usos nos territórios vizinhos.

Entretanto, esses impactos oriundos do estado de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo, não serão abordados nesta dissertação, cujo foco é, *de per si*, a massa de água da Baía de Guanabara e dos principais rios que nela desagüam, e apenas da RH V, a fim de proporcionar uma avaliação sobre a eutrofização estritamente antrópica do sistema estuarino da Baía de Guanabara.

¹⁶ O rio Itabapoana é o próprio limite entre o Rio de Janeiro e Espírito Santo.

¹⁷ Pouco maior que a Dinamarca. Fonte: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=rj>.

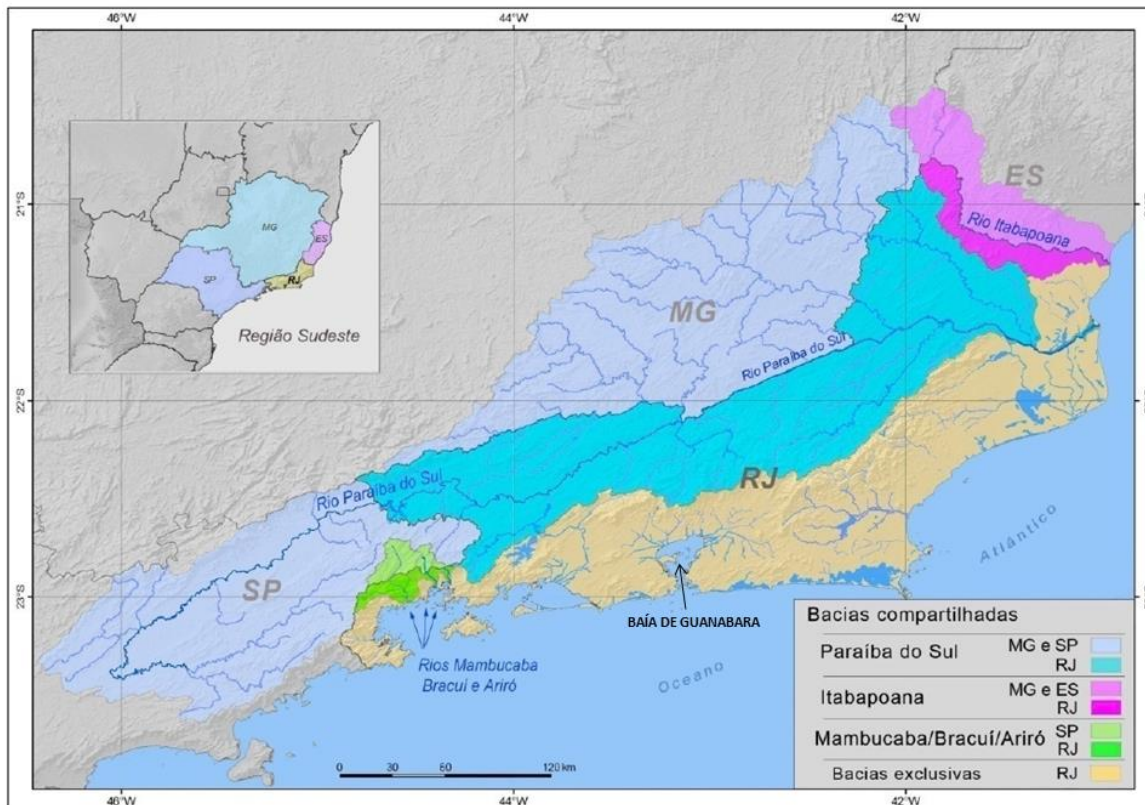


Fig. 3.4. Bacias compartilhadas com os 3 estados brasileiros vizinhos e bacia exclusiva do Estado do Rio de Janeiro. Nota: A bacia exclusiva do Estado do Rio de Janeiro está em tom amarelado, incluindo as 18 bacias menores, também exclusivas. A Baía de Guanabara está inserida nesta bacia. Adaptado de CERHI (2013).

Mas, merecem ser realçados, ainda, o relevo e as classes geomorfológicas que envolvem a Região Hidrográfica V e, conseqüentemente, o estuário da Baía de Guanabara (Fig. 3.5 e Fig 3.6), tendo em vista que ambas, RH V e estuário, têm suas condições bióticas e abióticas influenciadas, entre outros fatores, por essa diversa e dinâmica geomorfologia (COPPETEC, 2014).

Entre a Serra da Mantiqueira, a Serra do Mar e a Serra dos Órgãos (Fig.3.5), que constituem os divisores da maior parte das bacias abrangidas pelo Estado do Rio de Janeiro, formou-se e estende-se a bacia do rio Paraíba do Sul. Nas vertentes da Serra do Mar e da Serra dos Órgãos, voltadas para o Oceano Atlântico, encontram-se os principais cursos superiores das demais bacias, a maioria delas alongam-se por vastas planícies entre as serras e o mar, dispendo de lagoas ao longo da linha costeira, entre a Baía de Guanabara e o curso final do rio Paraíba do Sul.

Em relação à geomorfologia (Fig. 3.6) o território do Estado do Rio de Janeiro foi dividido em faixas de amplitude altimétrica, nas seguintes classes: serras escarpadas, com amplitudes acima de 400m; serras isoladas e locais, entre 200m e 400m; morros, entre 100m e 200m; colinas, entre 20m e 100m; e planícies fluviais e flúvio-marinhas, entre 0m e 20 m. Já as planícies costeiras constituídas por cordões arenosos, dunas e restingas foram agrupadas em outra classe (INEA, 2010).

Na região circundante próxima ao estuário da Baía de Guanabara e na RH V, há predomínio do relevo com planícies, colinas e morros, todavia, ela possuiu, do sul para o norte, afastando-se do estuário, serras escarpadas e altitudes que variam desde os 800m, na borda da Serra dos Órgãos, até mais de 2.000m nos pontos mais elevados. Essa condição de mudança de relevo suave, passando por serras, e depois para fortes gradientes de altitude em seus cursos superiores, tem relevância para a compreensão dos efeitos complexos sobre esse estuário, como por exemplo: intensidade dos processos de erosão hídrica; escoamento superficial; águas de infiltração; evaporação; precipitação e salinidade

das águas estuarinas, todos em associação com os demais fenômenos climatológicos, condições de cobertura florestal, uso do solo, entre outros fatores naturais ou provocados pelo homem. E, ademais, com os efeitos oriundos da interação do continente com o Oceano Atlântico e a atmosfera, estando a Baía de Guanabara situada nesta zona.

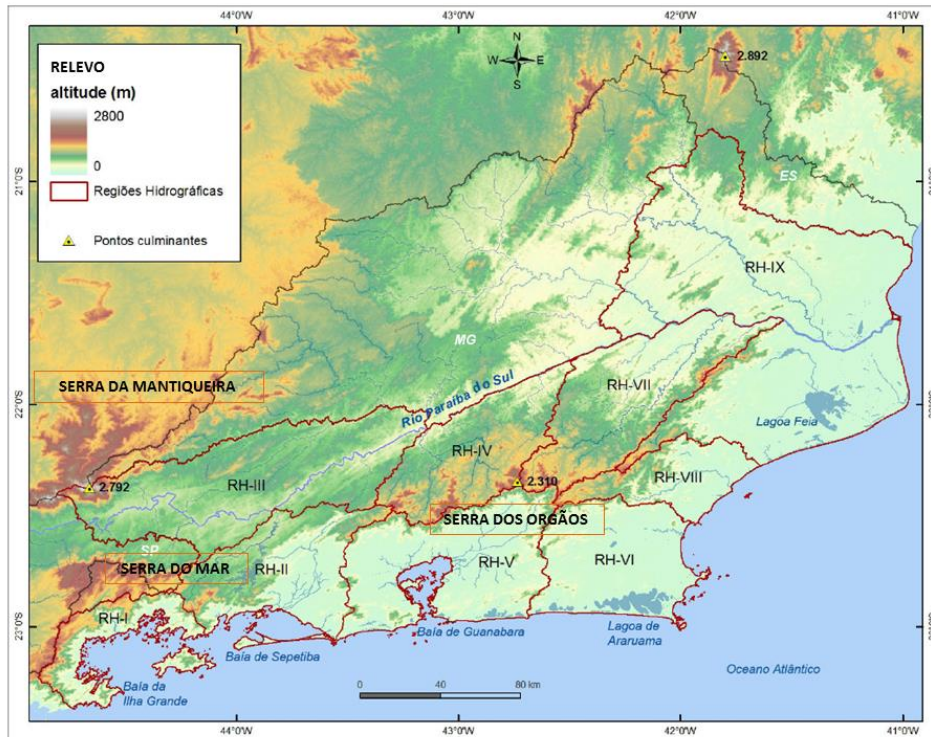


Fig. 3.5. Relevo das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

Nota: Observa-se que há forte gradiente de altitude do norte para o sul na Região Hidrográfica V. Adaptado de COPPETEC (2014) e INEA (2010).

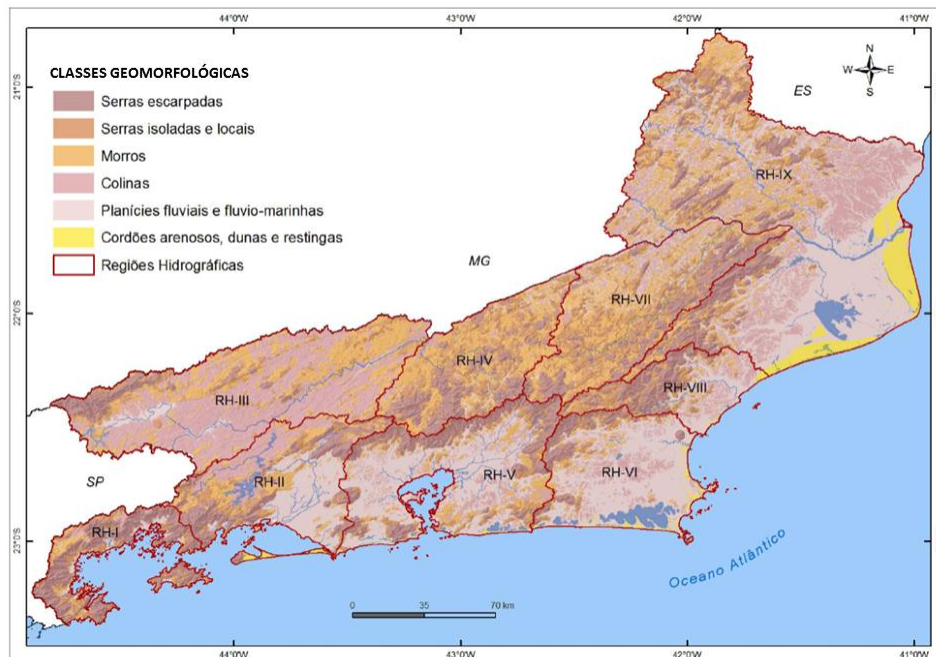


Fig. 3.6. Classes geomorfológicas das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

Nota: Observa-se a predominância de planícies, colinas e morros na Região Hidrográfica V, mas no seu contorno predominam as serras.

Adaptado de COPPETEC (2014) e INEA (2010).

Similarmente ao que ocorreu com alguns notórios estuários do mundo, como o estuário da Baía de Sydney, Austrália, as terras férteis e a disponibilidade de água do estuário da Baía de Guanabara fixou populações, por mais de 5 séculos.

Atualmente, nesta imbricada RH V estão contidos, totalmente, onze municípios: 1) Niterói, 2) São Gonçalo, 3) Itaboraí, 4) Tanguá, 5) Guapimirim, 6) Magé, 7) Duque de Caxias, 8) Belford Roxo, 9) Mesquita, 10) São João de Meriti e 11) Nilópolis, e parcialmente, seis municípios: 1) Maricá, 2) Rio Bonito, 3) Cachoeira de Macacu, 4) Petrópolis, 5) Nova Iguaçu e 6) Rio de Janeiro, todos na denominada Região Metropolitana (Fig. 3.7) (CERHI, 2013; INEA, 2010).

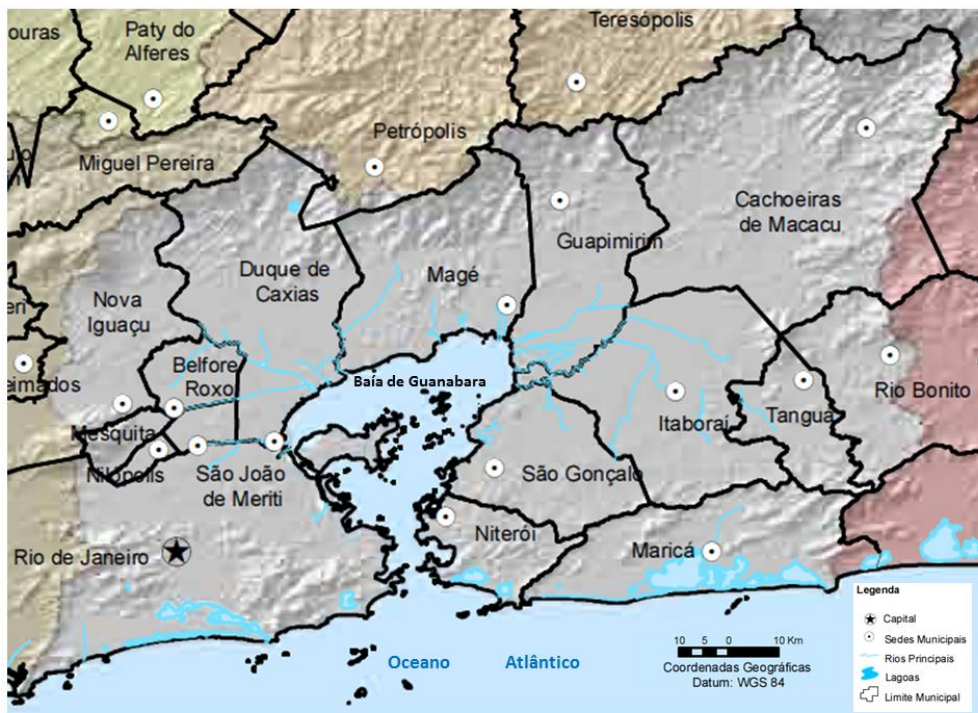


Fig. 3.7. Municípios que constituem a Região Hidrográfica V.

Nota: Os municípios que fazem parte da RH V, todos incluídos na Região Metropolitana, estão com suas áreas, integralmente ou parcialmente, em tom cinza. Sete municípios circunscrevem a Baía de Guanabara.

Adaptado de COPPETEC (2014) e INEA (2010).

Apesar de sete municípios circunscreverem a Baía de Guanabara, no sentido anti-horário: Niterói; São Gonçalo; Itaboraí; Guapimirim; Magé; Duque de Caxias e Rio de Janeiro, os dezessete municípios da RH V serão considerados para efeito de impacto na massa de água da Baía de Guanabara oriundo, principalmente, dos efluentes e dos esgotos sanitários despejados nos rios e corpos de água da região.

O Estado do Rio de Janeiro com área de 43.782 km², cuja capital tem o mesmo nome, possui 92 municípios e uma população de 15.989.929 de pessoas, segundo o Censo Demográfico de 2010, realizado pelo IBGE¹⁸. Para 2016, a estimativa da população será de 16.635.996 de pessoas, com uma projeção de 17.441.020 de pessoas até 2030. A densidade demográfica, em 2010, foi de 365,23 hab.Km⁻² (IBGE, 2010).

A Tabela 3.1 apresenta, para os 17 municípios da RH V, a população estimada para 2016, a área territorial de 2015 e a densidade demográfica de 2010. Observa-se que 12.128.664 pessoas vivem nessa região, representando 73% da população total do estado, numa área 15% menor do que a área do

¹⁸ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

território estadual e com uma densidade demográfica de 50.130,18 hab.Km⁻², 137 vezes maior do que a densidade do estado.

Tabela 3.1

Dados dos 17 municípios da Região Hidrográfica V (RH V).

Nota: Municípios em tom azul circunscrevem a Baía de Guanabara.

Adaptado de IBGE (2016).

Municípios	População estimada 2016 (pessoas)	Área territorial 2015 (Km ²)	Densidade demográfica 2010 (hab.Km ⁻²)
Niterói	497.883	133,919	3.640,80
São Gonçalo	1.044.058	247,709	4.035,90
Itaboraí	230.786	430,374	506,55
Tanguá	32.703	145,503	211,21
Guapimirim	57.105	360,766	142,70
Magé	236.319	388,496	585,13
Duque de Caxias	886.917	467,620	1.828,51
Belford Roxo	494.141	77,815	6.031,38
Mesquita	171.020	41,477	4.310,40
São João de Meriti	460.541	35,216	13.024,56
Nilópolis	158.319	19,393	8.117,62
Maricá	149.876	362,569	351,55
Rio Bonito	57.963	456,455	121,70
Cachoeira de Macacu	56.603	953,801	56,90
Petrópolis	298.158	795,799	371,85
Nova Iguaçu	797.435	519,159	1.527,60
Rio de Janeiro	6.498.837	1.200,179	5.265,82
Total	12.128.664	6.636,25	50.130,18

Dessa forma, na RH V, a população não está densamente concentrada e a ocupar, somente, parte do entorno da Baía de Guanabara nas suas porções norte e nordeste (Fig. 3.8).

Ainda segundo o Censo Demográfico de 2010, o número de pessoas, de 10 anos ou mais de idade, sem instrução e com ensino fundamental incompleto, somaram 5.775.120. O rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* da população, em 2015, foi de R\$ 1.285,00 (Reais), o equivalente a € 302,32 (Euros).

Portanto, aproximadamente 36% da população não completou ou não teve acesso à educação básica e 100% sobreviveu com cerca de R\$ 43,00 (Reais) ou € 10,00 (Euros) por dia, a fim de suprir todas as suas necessidades.

Não é necessário recorrer a comparações com indicadores internacionais, como os da ONU, para chegar a conclusão de que as condições socioeconômicas de parcela da população do Estado do Rio de Janeiro são ruins.

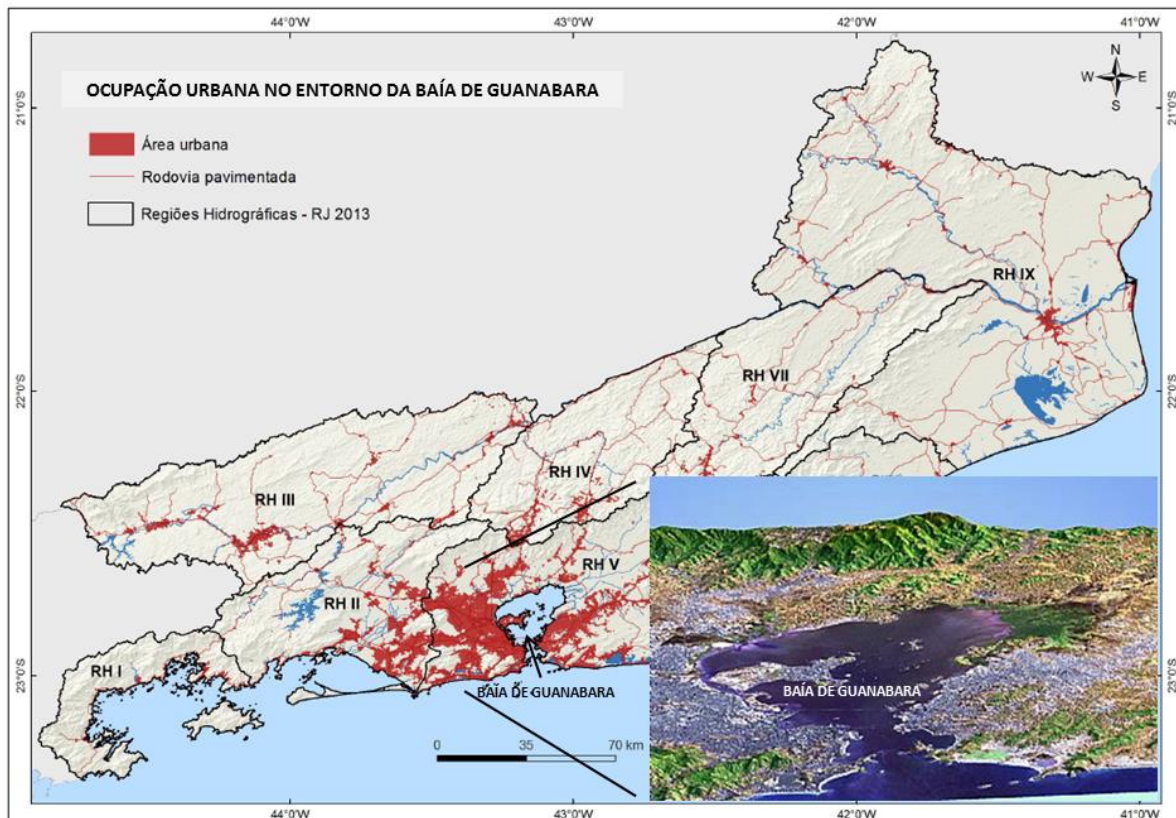


Fig. 3.8. Ocupação urbana no entorno da Baía de Guanabara.

Nota: Os tons azulados mais claros na imagem mostram a densidade da ocupação humana no entorno da Baía de Guanabara

Adaptado de COPPETEC (2014) e Meniconi [Ed.] *et al.* (2012).

Outro aspecto que releva mencionar diz respeito ao saneamento básico, desafio comum nas grandes cidades do mundo.

No caso do Estado do Rio de Janeiro, mais especificamente na RH V, o esgoto sanitário ainda é um dos serviços mais precários, com parcela sendo despejada sem tratamento em rios, oceano, lagos e lagoas, mesmo quando interligado à rede geral ou, em situação mais crítica, lançado diretamente das casas e condomínios, por intermédio de ligações clandestinas (COPPETEC, 2014).

Porém, nas áreas de baixa densidade urbana, observa-se que o serviço de coleta de esgoto é ainda mais precário, com casos de esgoto despejado em nascentes de rios e valas ou enterrado nos solos de propriedades particulares e públicas. Existindo, assim, uma tendência de piora da situação, por conta da expectativa de crescimento da população, frente ao descompasso das obras de infraestrutura de coleta necessárias, comprometendo ainda mais os rios que desaguam na Baía de Guanabara e as suas próprias águas (COPPETEC, 2014; FEEMA, 1998; INEA, 2010; JICA, 1994; Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012).

Em 2010, como resultado do Censo Demográfico do IBGE, do universo de domicílios particulares permanentes pesquisados da RH V, cerca de 17% faziam uso de fossa séptica, não possuíam casa de banho ou sanita, ou faziam uso de outro tipo de esgotamento sanitário do esgoto (IBGE, 2010).

Esse percentual representa 670.174 domicílios conforme mostra a Tabela 3.2.

Tabela 3.2

Domicílios particulares permanentes, por existência de casa de banho ou sanita e tipo de esgotamento sanitário dos 17 municípios da Região Hidrográfica V (RH V).
Adaptado de IBGE (2010).

Municípios RH V	Domicílios particulares permanentes					
	Total	Existência de casa de banho ou sanita				Não tinham
		Tinham				
		Total	Tipo de esgotamento sanitário			
Rede geral	Fossa séptica		Outro			
Niterói	169.237	169.103	147.249	8.610	13.244	134
São Gonçalo	325.882	325.574	222.522	44.741	58.311	308
Itaboraí	69.422	69.245	28.078	17.656	23.511	177
Tanguá	9.658	9.608	5.396	315	3.897	50
Guapimirim	15.741	15.714	7.369	3.562	4.783	27
Magé	70.394	70.211	33.845	11.182	25.184	183
Duque de Caxias	269.353	268.957	207.814	24.062	37.081	396
Belford Roxo	145.677	145.435	105.973	13.538	25.924	242
Mesquita	53.103	53.022	46.448	3.333	3.241	81
São João de Meriti	147.450	147.278	133.103	6.152	8.023	172
Nilópolis	50.514	50.473	48.537	1.321	615	41
Maricá	42.810	42.752	5.300	22.209	15.243	58
Rio Bonito	17.171	17.138	9.871	3.256	4.011	33
Cachoeira de Macacu	17.838	17.804	8.834	2.990	5.980	34
Petrópolis	96.319	96.230	69.204	10.632	16.394	89
Nova Iguaçu	248.186	247.860	193.521	14.683	39.656	326
Rio de Janeiro	2.144.445	2.142.806	1.949.962	85.225	107.619	1.639
Total 1	3.893.200	3.889.210	3.223.026	A= 273.467	B= 392.717	C= 3.990
Total 2	3.893.200	3.889.210	3.223.026	A+B+C= 670.174		

No entanto, o saneamento ambiental (COPPETEC, 2014; INEA, 2010) retrata mais do que a infraestrutura para a coleta e tratamento de esgoto sanitário e efluentes, somam-se a ele a infraestrutura para a coleta de lixo e o tratamento dos seus resíduos e a infraestrutura para o adequado abastecimento de água. Diante dos impactos negativos advindos da negligência ambiental, a RH V, e mais especificamente, a Baía de Guanabara, estão sob risco de crescente pressão antrópica (Fig. 3.9).

Observa-se, ainda, que todos os municípios da RH V exercem maior ou menor pressão antrópica na Baía de Guanabara. Destacam-se o Rio de Janeiro e São João de Meriti, a sudoeste e a Oeste, e, Niterói, a sudeste, na boca, curso baixo e médio do estuário. Porém, há elevada pressão proveniente dos municípios mais afastados de Cachoeira de Macacu, Tanguá e Rio Bonito, na maior mancha marrom escura a nordeste e a Leste, comprometendo o curso médio e superior e, potencialmente, a zona estuarina da cabeça, onde desaguam rios que cortam estes municípios e onde ainda restam mangais.

Nesse contexto, ainda há as atividades econômicas desenvolvidas no Estado do Rio de Janeiro, principalmente, aquelas vizinhas ou estabelecidas na própria Baía de Guanabara, que abarcam portos, aeroportos, agro-indústria, pecuária, mineração e refino de petróleo. Todas consideradas fontes antrópicas potenciais de enriquecimento da massa de água da baía com nutrientes, favorecendo o seu processo de eutrofização (Fig. 3.10).

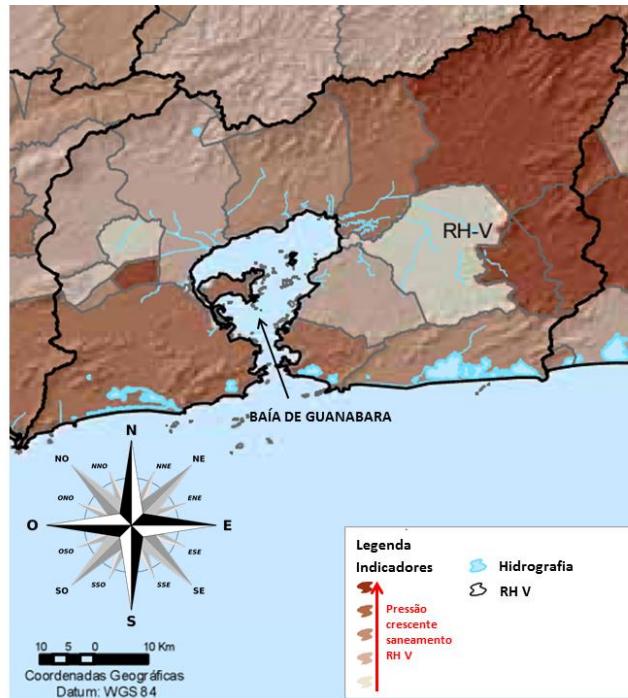


Fig. 3.9. Pressão do saneamento na RH V.
Nota: Os tons marrons mais escuros indicam maiores pressões.
Adaptado de COPPETEC (2014).

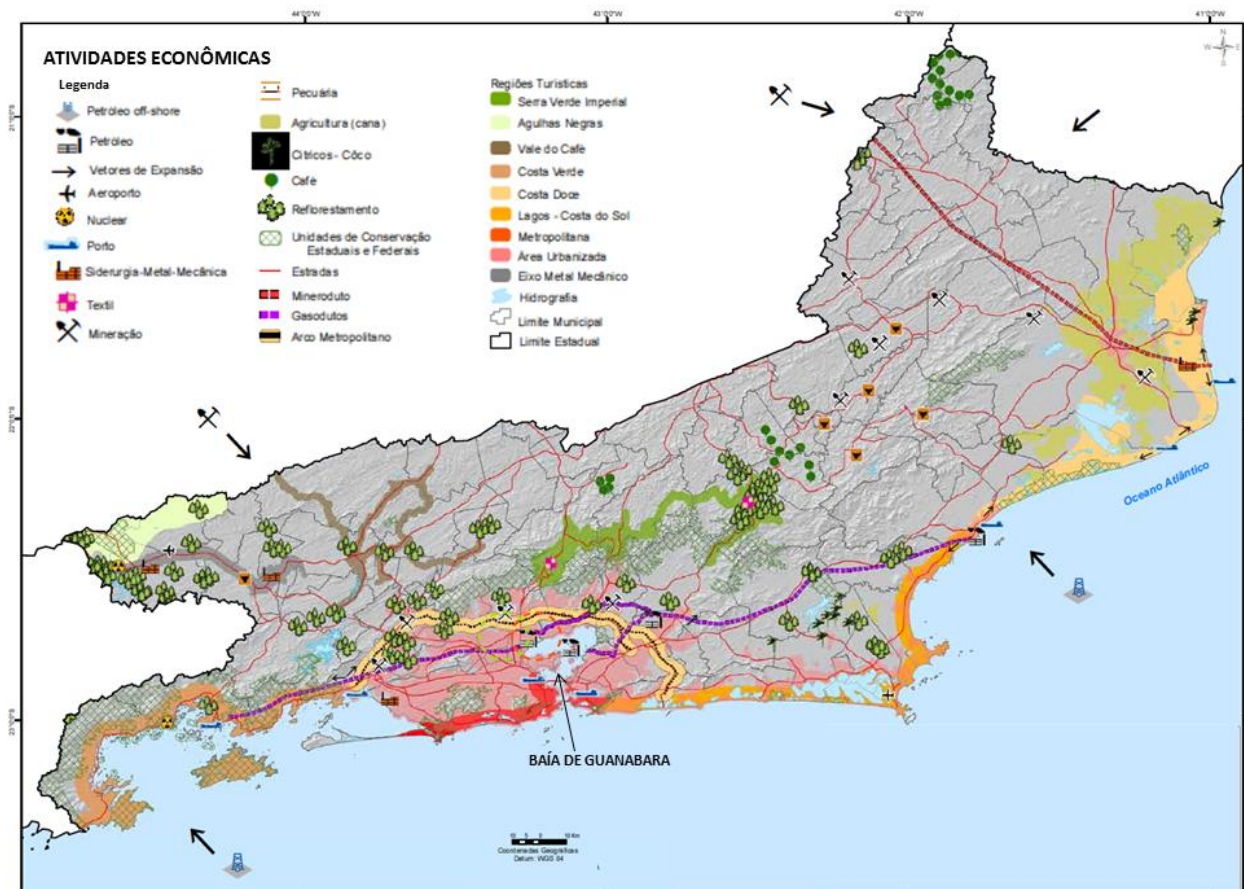


Fig. 3.10. Atividades econômicas no Estado do Rio de Janeiro.
Adaptado de INEA (2010).

3.3. Caracterização, parâmetros físico-químicos e biológicos da Baía de Guanabara

A circunscrita Baía de Guanabara é caracterizada como um ecossistema costeiro de natureza estuarina (Fig. 3.11). Seu perímetro tem cerca de 153Km, sua área superficial é de 396Km² aproximadamente, mas, sem considerar as áreas das ilhas, seu espelho de água corresponde a cerca de 350Km² (Amador, 1980; COPPETEC, 2014; Quaresma, 1997). A entrada da baía é estreita, com aproximadamente 1,6Km, entre as pontas de São João e de Santa Cruz, e 30Km de extensão no seu maior eixo de direção sul-norte até o seu fundo, onde ocorre um alargamento na direção Leste-Oeste até o máximo de 28Km (Branco [Ed.], 2011; Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012; Kjerfve *et al.*, 1997).

A Figura 3.11 mostra, ainda, os estirâncios (entremarés) em tom verde claro, as profundidades médias entre 0m e 5m em tom azul claro, e assim por diante até atingir profundidades entre 50m e 100m no canal de entrada e boca estuarina em tons progressivos em azul.

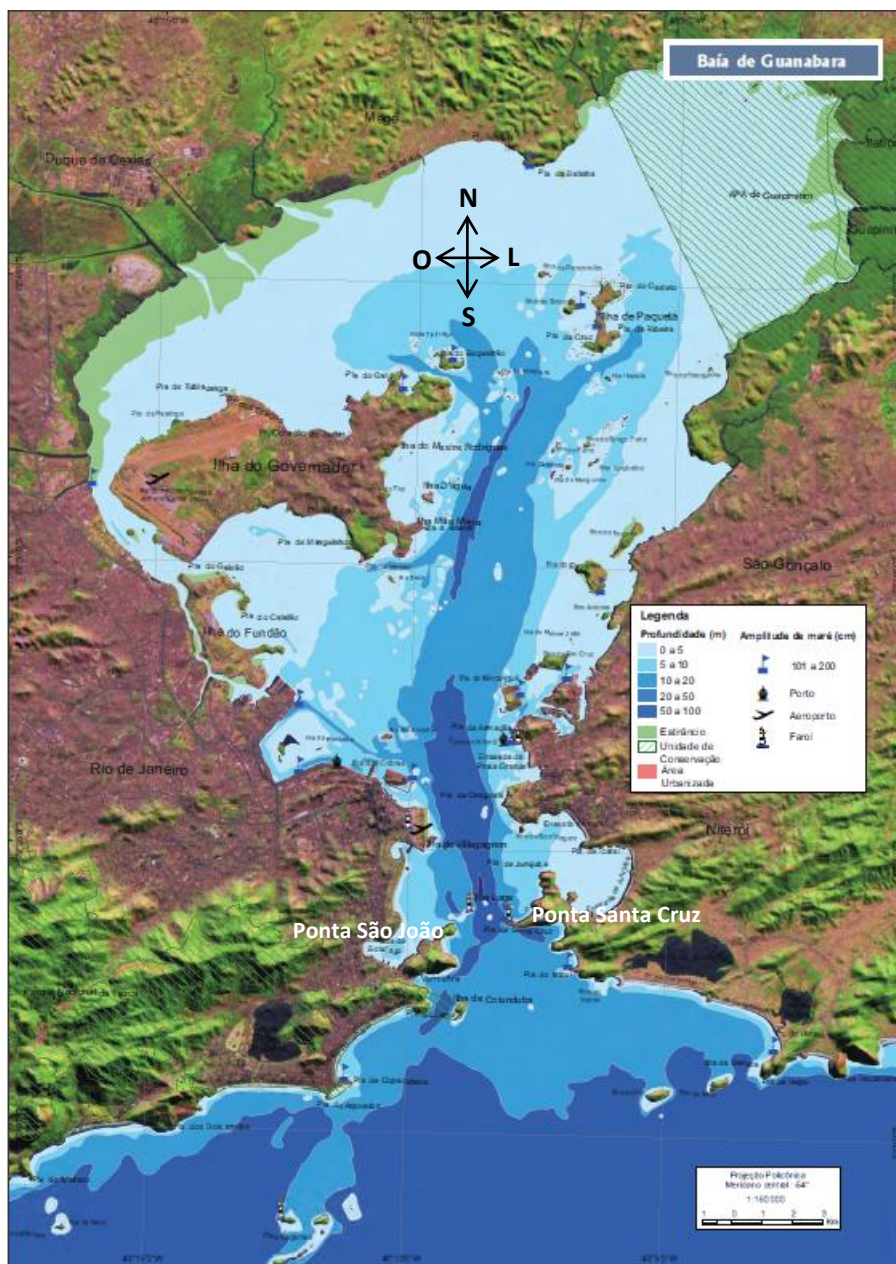


Fig. 3.11. Baía de Guanabara.

Nota: Na região nordeste está a Área de Proteção Ambiental de Guapimirim.

Adaptado de Branco [Ed.] (2011).

A Baía de Guanabara se encontra em uma região de clima tropical úmido com influência perceptível do Oceano Atlântico. A média anual de temperatura, em estação meteorológica posicionada na margem da baía (município do Rio de Janeiro) é de 23,7 °C. Mas, em face da variação sazonal da pluviosidade, o clima pode ser dividido em um período seco, de Junho a Agosto, com médias mensais de precipitação em torno de 50mm, e um período úmido, entre Dezembro e Abril, com médias mensais de precipitação de 100mm (Fig. 3.12). Entretanto, as alturas médias de precipitação e de evaporação anual são de, aproximadamente, 1.170mm e 1.198mm, respectivamente, o que demonstra, em certa medida, equilíbrio no balanço entre a precipitação e a evaporação ao longo do ano (INMET, 1992; Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012).

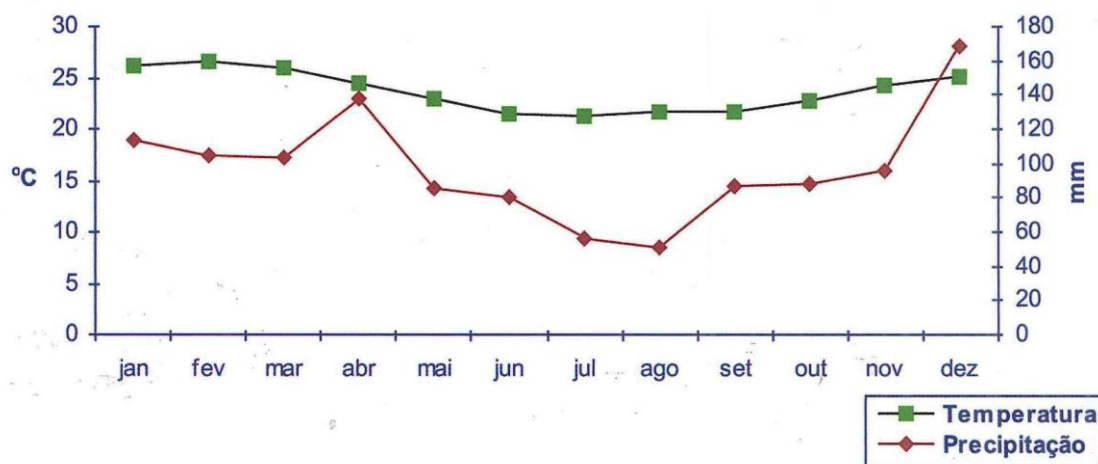


Fig. 3.12. Temperatura e precipitação na Baía de Guanabara.

Nota: Distribuição anual das médias mensais de temperatura e precipitação entre os anos de 1961 e 2010.

Adaptado de Meniconi [Ed.] *et al.* (2012) e de gráficos disponíveis no website http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf.

Da mesma forma, existe uma sazonalidade na descarga de água doce para a baía, variando, em média, de $33\text{m}^3\text{s}^{-1}$ no período seco a $186\text{m}^3\text{s}^{-1}$ no período úmido, mas com média anual de $100 \pm 59\text{m}^3\text{s}^{-1}$, provenientes dos rios e das chuvas (Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012; Kjerfve *et al.*, 1997). Segundo Kjerfve *et al.* (1997) o volume médio de água da Baía de Guanabara é de $1,87 \times 10^9\text{m}^3$, aproximadamente, sendo estimado em 11,4 dias como o tempo necessário para a renovação de 50% destas águas.

A análise para a série de maré mostra que ela é mista, com preponderância da maré semidiurna, na qual se destacam os componentes harmônicos¹⁹ M2 (lunar principal), com altura de 32,2cm e período de 12,42h, S2 (solar principal), com altura de 18,1cm e período de 12,00h, e K2 (semidiurna lunissolar), com altura de 5,5cm e período de 11,97h. Contudo, a variação da altura da maré é de 70cm, em média. Em termos percentuais, 81% da variação da maré na baía é influenciada pelas constantes harmônicas, sendo o restante por parâmetros locais, como por exemplo o vento (Fillipo, 1997; Kjerfve *et al.*, 1997).

Na observação prática, as alturas das marés²⁰ na Baía de Guanabara, em relação ao nível de redução, têm médias máximas de 1,2m nas luas cheia e nova, e médias mínimas de 0,1m nas luas crescente e minguante, a depender do mês da hora, dia, mês e ano, além de outros variados fatores. Possivelmente, o nível médio do mar na região aumentou, mas esta é uma assertiva empírica.

¹⁹ Cada componente harmônico representa um determinado movimento astronômico relacionado com o movimento da Terra, Lua e Sol e que varia periodicamente desde horas até anos.

²⁰ As previsões oficiais das marés para o Rio de Janeiro podem ser obtidas no website <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/50140Set2016.htm>.

Já as correntes de marés no interior da isóbata de 5m que praticamente circunda a Baía de Guanabara (Fig. 3.11) têm intensidade²¹ média de $0,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ sendo, entretanto, menores nas áreas mais próximas das margens (porções noroeste, norte e nordeste), variando até cerca de $1,6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ no seu canal de entrada. É de se ressaltar que ventos anormais podem modificar essas condições (CHM, 2012; Kjerfve *et al.*, 1997). Com isso, a circulação da água correlacionadas à sua renovação é mais lenta nessas porções da zona da cabeça e curso superior estuarino, se comparadas com as demais regiões.

Porém, no alinhamento da ilha de Villegagnon (Rio de Janeiro) com a ponta de Gragoatá (Niterói), pouco ao Norte da entrada da baía, foram realizados experimentos e constatadas correntes médias de $1,1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ na enchente e de $0,8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ na vazante, nas marés de sizígia, correspondendo aos transportes de volume de $17.620\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ na enchente e de $5.731\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ na vazante (Bérgamo, 2006; Eichler, 2000), condição que indica haver maior circulação hidrodinâmica e renovação da água da Baía de Guanabara proveniente do Oceano Atlântico, abrangendo os cursos médio e baixo e a boca do estuário.

A distribuição da temperatura e da salinidade na Baía de Guanabara é determinada, em sua maior parte, pela interação entre o aporte fluvial e a água oceânica, obedecendo uma sazonalidade marcada principalmente pela vazão fluvial.

Considerando os períodos de 1990 a 1997 (FEEMA, 1998) e de 2001 a 2004 (Melo, 2004) foram identificados diferentes gradientes horizontais da salinidade na camada superficial em dois períodos do ano (Fig. 3.13). No período seco (Junho a Agosto), a salinidade na boca da baía foi 34 e no curso superior 29, uma diferença de 5 de salinidade. Já no período úmido, devido a maior descarga dos rios, a salinidade foi 33 na boca e 13 no curso superior, uma diferença de 20, indicando um gradiente horizontal de salinidade mais acentuado entre Dezembro e Abril, período de chuvas e cheias dos rios.

Segundo Kjerfve *et al.* (1997) e Melo (2004) a estratificação vertical da salinidade, segundo o parâmetro adimensional, é de moderada para fraca, que raramente excede 4. Utilizando-se o Número de Richardson²² (Ri) para estuários houve indicação de 0,03 na boca da baía, mostrando condições misturadas da água salina com a água doce, e de 0,1 no curso superior, dado que a velocidade da corrente de maré é inferior no fundo da baía e porque há maior largura no eixo Leste-Oeste, revelando estratificação mais homogênea.

É importante notar que a salinidade diminui no sentido do sul para o norte, para o interior da Baía de Guanabara, enquanto a temperatura da água aumenta neste mesmo sentido. Ou seja, há confirmação de que a salinidade está relacionada à diluição da água salina pela água doce devido as descargas dos rios e, ainda, que ocorre variação na temperatura da água pela entrada da água mais fria do Oceano Atlântico, como é de se esperar (Bérgamo, 2006; JICA, 1994).

Também é observado (Fig. 3.13) que há uma maior diferença entre as temperaturas da água na superfície e no fundo, na entrada da baía, diminuindo a medida que se interioriza. As temperaturas da água na porção noroeste da baía podem chegar a mais de 26°C na superfície e a mais de 25°C no fundo.

²¹ Apesar das intensidades das correntes de marés exprimirem a média em uma camada de 5 metros de espessura a partir da superfície, não haverá impropriedade na extensão do emprego para a camada até 10 metros, tendo em vista as diferenças insignificantes existentes entre tais valores (CHM, 2012).

²² $Ri = \Delta\rho/\rho \cdot gQ_R/Bu_{rms}^3$ onde g é a gravidade, ρ é a densidade média das águas, $\Delta\rho$ é a diferença entre as densidades da água salina e doce, B é a largura do canal de entrada e u é a raiz quadrada da velocidade média da corrente de maré.

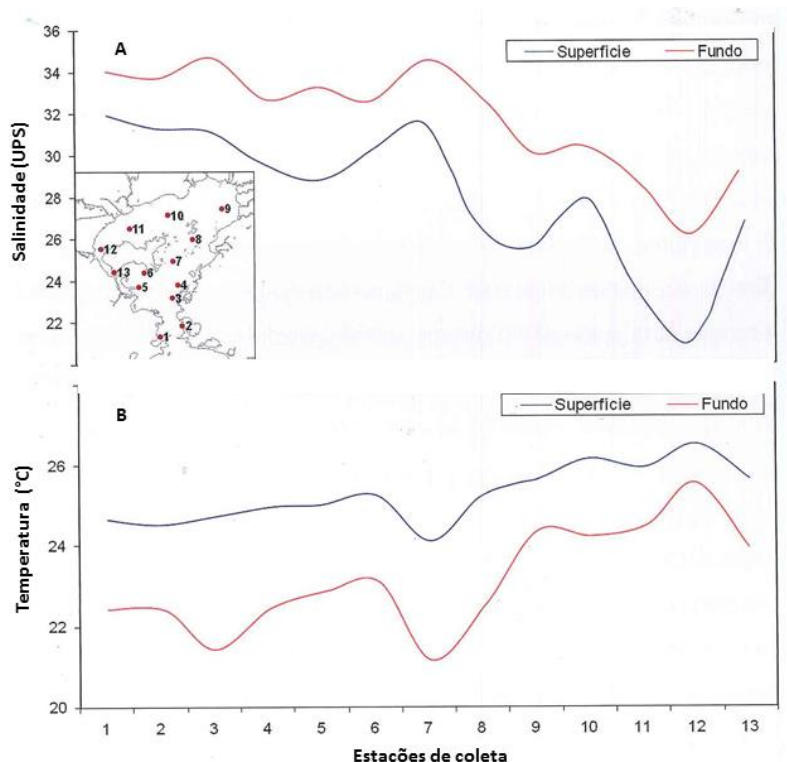


Fig. 3.13. Variação da temperatura e salinidade média em 13 estações na Baía de Guanabara. Nota: Fig. 3.13A) Distribuição da salinidade de superfície e de fundo. Fig. 3.13B) Temperatura na superfície e no fundo. Períodos considerados: 1990 a 1997 e 2001a 2004. Adaptado de Meniconi [Ed.] *et al.* (2012).

A caracterização da Baía de Guanabara quanto à distribuição superficial dos sedimentos do leito e do material em suspensão é relevante, pois suas propriedades físicas e químicas exercem influência na biota. Mas, a complexa interação com a matéria orgânica é determinante para o ecossistema estuarino e para a qualidade da água.

A Figura 3.14 mostra a distribuição dos sedimentos no leito da baía. Os sedimentos arenosos apresentam uma variação desde areias média e grossa na boca do estuário a areias fina e muito fina até o extremo sudeste da Ilha do Governador, acompanhando a batimetria do canal principal. Este selecionamento é promovido pelas correntes de maré junto ao fundo neste canal (Quaresma, 1997; Quaresma *et al.*, 2000). O silte (limo) abrange a maior extensão e a argila áreas no fundo da baía. Os sedimentos finos (fração silte e argila) são reconhecidos como fixadores de poluentes, como os metais pesados e hidrocarbonetos (Cataranzo, 2003).

Segundo Amador (1997) o material em suspensão na baía é geralmente bastante fino, compreendendo areias muito finas, silte e argila. De acordo com o mesmo autor, as principais fontes dos sedimentos em suspensão na Baía de Guanabara correspondem aos aportes fluviais. Mas, por outro lado, parece existir uma nítida relação de maior carga de sedimentos em suspensão com baías eutrofizadas.

Aos sedimentos finos que dominam a maior área do leito da baía, ao norte da Ponte Rio-Niterói (Fig. 3.14) estão associados os maiores percentuais de matéria orgânica. A matéria orgânica concentrada nas frações granulométricas silte e argila é consequência do esgoto sanitário despejado na Baía de Guanabara, principalmente por intermédio dos rios (Cataranzo, *et al.*, 2004; COPPETEC, 2014; INEA, 2010; JICA, 1994; Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012).

Então, pode ser observada uma correlação direta entre a Figura 3.14A e a Figura 3.14B no tocante a distribuição do silte e da argila e a concentração de matéria orgânica. A concentração média

de matéria orgânica nos sedimentos finos da baía é de 4,74%, enquanto nas areias é de 0,81%, havendo concentrações maiores do que 6% na porção Noroeste (Cataranzo, 2003).

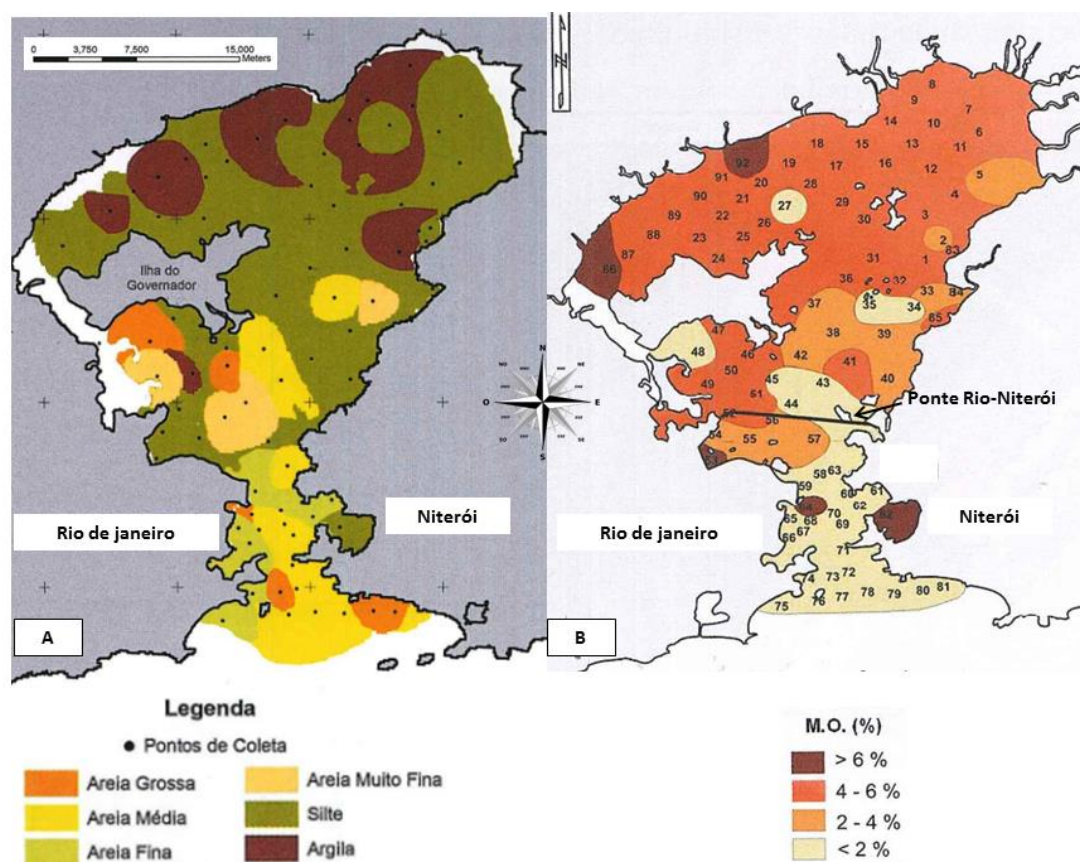


Fig. 3.14. Sedimentos e matéria orgânica (M.O.) na Baía de Guanabara.

Nota: Fig. 3.14A) Distribuição dos sedimentos pelo diâmetro médio. Fig. 3.14B) Distribuição da concentração média de matéria orgânica nos sedimentos. Ano 2002.

Adaptado de Cataranzo (2003) e Cataranzo, *et al.* (2004).

Nesse contexto, sobressai o monitoramento da qualidade das águas dos afluentes²³ e dos rios²⁴ principais que desaguam na Baía de Guanabara (Fig. 3.15), tendo em vista que dados brutos do monitoramento da massa líquida da baía e do estuário, exceto das praias, não são frequentes, abrangem áreas restritas e pontuais, apresentam inconsistências e contradições, são de difícil acesso, ou mesmo, não existem em série histórica.

²³ Termo atribuído aos rios e cursos de água menores que desaguam em rios principais e não diretamente para oceano, baía ou lago.

²⁴ Há na literatura indicação de que 35 rios desaguam na Baía de Guanabara com vazão estimada em $25\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ (Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012).

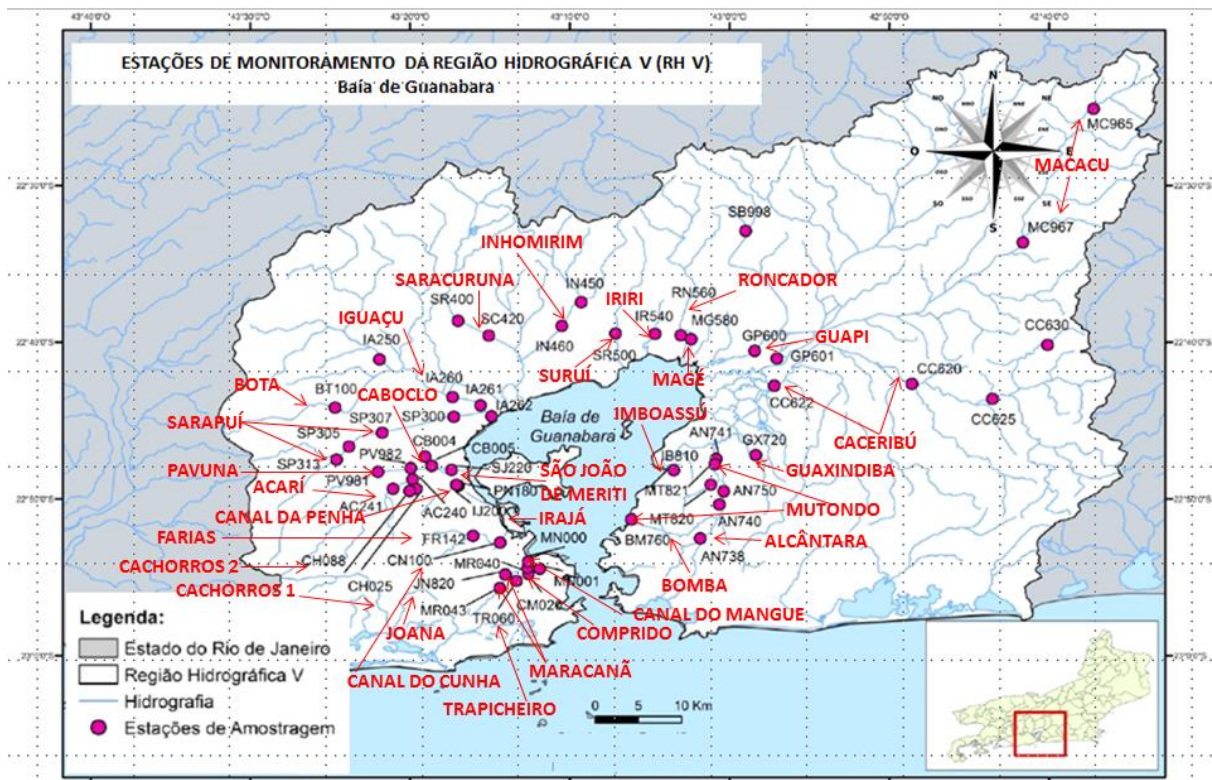


Fig. 3.15. Afluentes e rios principais que desaguam na Baía de Guanabara.
 Nota: Os nomes dos afluentes e rios principais estão em tom vermelho e indicados por setas.
 Adaptado de INEA (2016).

Dessa forma, para o monitoramento das águas interiores, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) do Governo do Estado do Rio de Janeiro adota o IQA_{NSF} (Índice de Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* (NSF)) dos Estados Unidos da América (INEA, 2016).

O IQA_{NSF} pode variar numa escala de 0 (muito ruim) a 100 (excelente) e compõe-se de 9 variáveis²⁵ consideradas mais representativas em relação à qualidade da água:

- 1) Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO).
- 2) Fósforo Total (P_T).
- 3) Nitrato (NO_3).
- 4) Oxigênio Dissolvido (OD).
- 5) Potencial Hidrogeniônico (pH).
- 6) Turbidez (T).
- 7) Coliformes Termotolerantes.
- 8) Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).
- 9) Diferença entre a temperatura da água e a temperatura do ar no ponto de coleta.

Síntese para o cálculo do IQA_{NSF} consta do Anexo 6.1.

Os dados brutos das amostragens dos anos de 2014 e de 2015 constam dos Anexos 6.2 e 6.3. s

Assim, tendo como base os resultados obtidos pelo cálculo do IQA_{NSF} a qualidade da água é categorizada em faixas (Tabela 3.3):

²⁵ A ausência de resultado referente a pelo menos uma das nove variáveis inviabiliza a aplicação do índice.

Tabela 3.3

Categorias da qualidade da água segundo o IQA_{NSF} .
Adaptado de INEA (2016).

Categoria	IQA_{NSF}	Faixas
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$	
BOA	$90 > IQA \geq 70$	
MÉDIA	$70 > IQA \geq 50$	
RUIM	$50 > IQA \geq 25$	
MUITO RUIM	$25 > IQA \geq 0$	

Para os afluentes e rios principais que desaguam na Baía de Guanabara verifica-se, então, as seguintes condições para os anos de 2013, 2014 e 2015 (Fig. 3.16):

Porções sudoeste, oeste e noroeste: muito ruim.

Porção norte: ruim.

Porção nordeste: variando de ruim a média.

Porções leste e sudeste: variando de ruim a muito ruim.

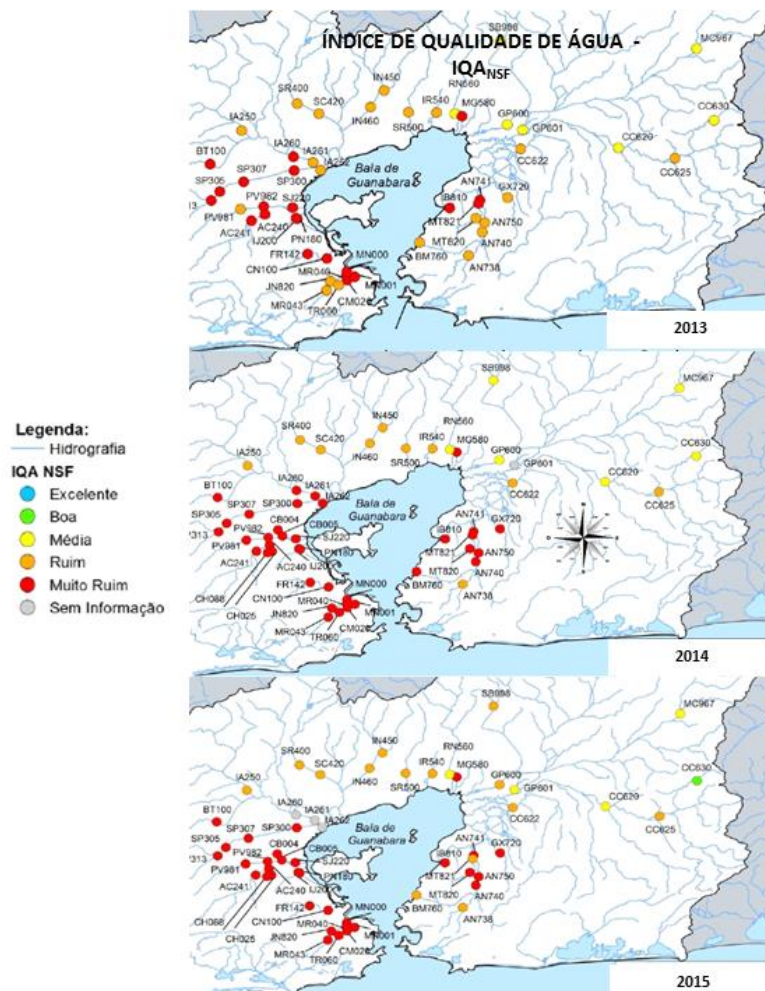


Fig. 3.16. Índice de Qualidade de Água dos rios da Baía de Guanabara.
Nota: Foram considerados valores médios do IQA_{NSF} .
Adaptado de INEA (2016).

Mas, para a massa de água da Baía de Guanabara foram consolidados valores médios de 10 parâmetros pre-existentes, de 1939 a 2005, distribuídos em faixas conforme indicado na Tabela 3.4, cuja entrada e áreas oeste e leste correspondem as quadrículas específicas da Figura 3.17.

À entrada correspondem as quadrículas de I 14 a 18; J 14 a 17, e K 14 a 17. A área oeste abrange as quadrículas de C 07 a 10; D 06 a 12; F 05 a 13; G 05 a 14; H 04 a 14; I 04 a 10; e J 04 a 07. A área leste compreende as quadrículas K 04; L 03 e 04; M 02 e 03; N 02 a 08; O 02 a 07; e P 03 a 06.

Tabela 3.4

Faixa de valores de variáveis em áreas da Baía de Guanabara (1939 a 2005). Adaptado de Meniconi [Ed.] *et al.* (2012).

Variável	Entrada	Área Oeste	Área Leste
Temperatura (°C)	16 - 28	20 - 33	20 - 33
Salinidade (UPS)	23 - 37	11 - 33	11 - 34
Oxigênio Dissolvido (mL L ⁻¹)	2,5 - 9,0	< 0,1 - 13,0	< 0,1 - 10,5
Amônia (μM N-NH ₃ /NH ₄ ⁺)	< 0,1 - 80	< 0,1 - 475	< 0,1 - 35
Nitrito (μM N-NO ₂ ⁻)	< 0,1 - 6,5	< 0,1 - 11,0	< 0,1 - 7,0
Nitrato (μM N-NO ₃ ⁻)	< 0,1 - 6,0	< 0,1 - 2,0	< 0,1 - 3,0
Nitrogênio Total (μM N)	0,5 - 150	2 - 1150	1 - 300
Ortofosfato (μM P-PO ₄ ⁻³)	< 0,1 - 6,0	0,5 - 34,0	0,5 - 7,5
Fósforo Total (μM P)	0,5 - 12,0	2,0 - 36,0	1,0 - 16,0
Clorofila a (μg L ⁻¹)	< 0,1 - 91	< 0,1 - 550	< 0,1 - 370

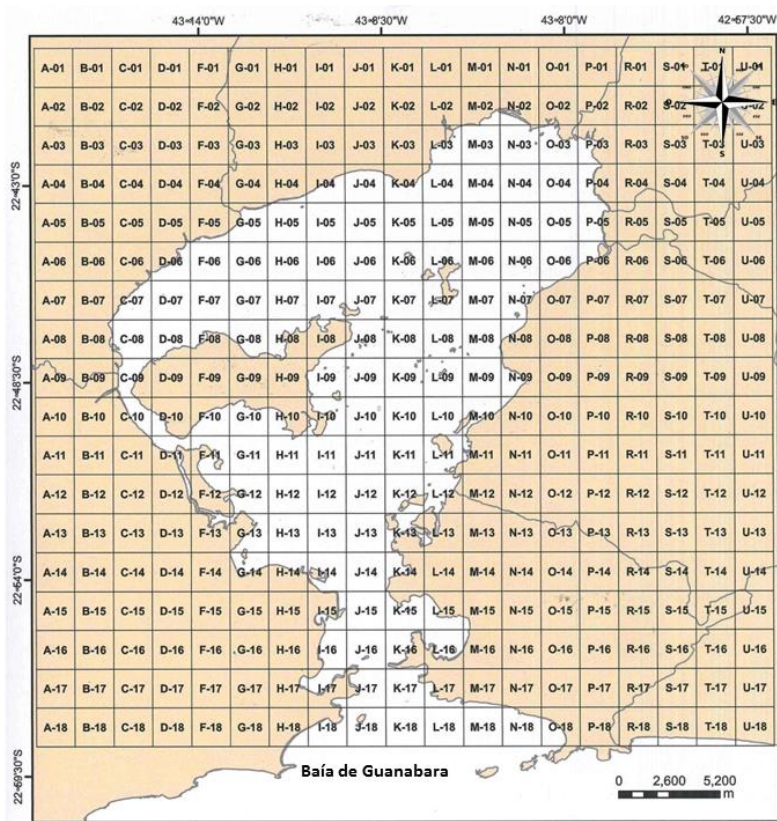


Fig. 3.17. Mapa base de quadrículas (1Km x 1Km) da Baía de Guanabara. Adaptado de Meniconi [Ed.] *et al.* (2012).

Assim, na região de fundo da baía (porção norte) são observados valores elevados de temperatura, amônia, nitrito, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total e clorofila *a*, bem como menores valores de salinidade, oxigênio dissolvido e nitrato. Já na área da entrada (canal principal) ocorre o oposto, em função da influência das águas oceânicas.

Na área oeste da baía, são observados os maiores valores de amônia, nitrito, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total e clorofila *a*. Na área leste há, também, altas concentrações de nitrogênio total, fósforo total e clorofila *a*. As temperaturas nestas duas áreas são igualmente elevadas, e a variação da salinidade é bem marcada, ora pela vazão dos rios, ora pelas marés.

Mas, nesse contexto, chama a atenção as concentrações elevadas de clorofila *a*, alcançando valores de $500 \mu\text{g.L}^{-1}$ na área oeste e de $370 \mu\text{g.L}^{-1}$ na área leste, em contraste com a concentração máxima na entrada de $91 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Segundo Oliveira *et al.* (2015), no período de 2003 a 2012, as estimativas das concentrações de clorofila *a* por sensoriamento remoto derivadas do *medium resolution imaging spectrometer* (MERIS) são as indicadas na Figura 3.18. As concentrações de clorofila *a* são mais elevadas nas porções oeste, leste e no fundo da Baía de Guanabara, o oposto das concentrações na entrada.

Há certamente correlação entre as variáveis físico-químicas de temperatura, salinidade, concentrações de amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total da Tabela 3.4 com a distribuição das concentrações da clorofila *a* oriundas de espectrómetro satelital.

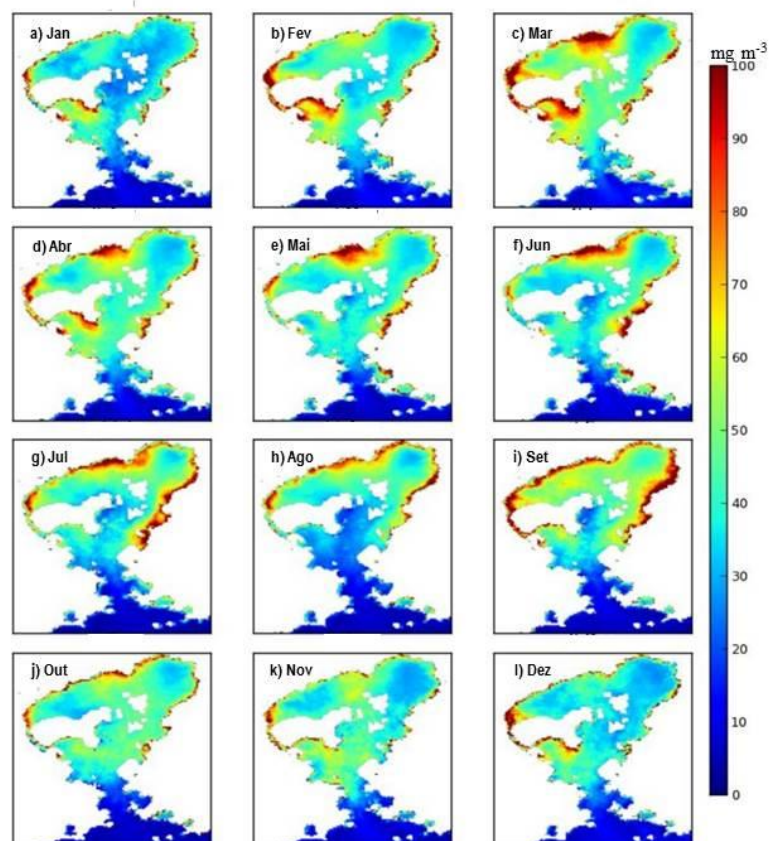


Fig.3.18. Distribuição das concentrações médias mensais de clorofila *a* (Chl *a*) na Baía de Guanabara. Nota: Imagens MERIS, de Janeiro de 2003 a Abril de 2012. Os tons variando de azul, passando pelo verde, até o castanho indicam maiores concentrações de clorofila *a* (mg.m^{-3}). Adaptado de Oliveira *et al.* (2015).

Dessa forma, geralmente, o conjunto de parâmetros físico-químicos, tais como: temperatura; salinidade; oxigênio dissolvido; concentrações de amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total e silicatos, associado ao conjunto de parâmetros biológicos e ecológicos, tais como: concentração de clorofila *a*, frequência e extensão de *blooms*, e composição e abundância do fitoplâncton, podem ser utilizados como indicadores de processos de eutrofização e dos seus estágios oligotrófico, mesotrófico e eutrófico, desde que se possua uma série histórica consistente de parâmetros específicos de cada estuário para comparação, já que cada estuário é único.

O conjunto específico de condições conhecidas da Baía de Guanabara, nomeadamente das áreas oeste, leste e de fundo, indicam impulsos espaciais e temporais antrópicos de nutrientes ricos em nitrogênio (N) e fósforo (P) sendo esperadas, assim, respostas bioquímicas do fitoplâncton, tais como: elevado crescimento de pequenas células, maior armazenamento por células grandes, favorecimento de espécies oportunistas e ocorrência de *blooms* nocivos, como por exemplo das cianobactérias, contrastando com o conjunto de condições da boca e dos cursos baixo e médio do estuário, especialmente no canal principal.

3.4. Comunidade fitoplanctônica da Baía de Guanabara

Segundo Villac e Tenenbaum (2010), com base em 57 publicações²⁶ relativas a amostras²⁷ coletadas no período de 1913 a 2004, o inventário de espécies fitoplanctônicas da Baía de Guanabara inclui 308 táxons, entre 199 diatomáceas; 90 dinoflagelados; 9 cianobactérias; 5 euglenofíceas; 1 clorofíceas; 1 prasinofíceas; 1 silicoflagelado e 2 ebrídeos (Tabela 3.5).

As duas espécies que mais se destacam são o dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* e diatomáceas do complexo *Skeletonema costatum* (Hatherly, 2013; Villac e Tenenbaum, 2010). A primeira foi tema do primeiro estudo científico sobre fitoplâncton da baía (Faria, 1914), que relatou sua floração associada à mortandade de peixes e que, atualmente, continua a ser identificada em altas concentrações (10^6 cell.L⁻¹) em águas mais confinadas. A segunda foi considerada no Brasil, por muitos anos, uma espécie cosmopolista e oportunista, até que foram identificadas espécies crípticas dentro do gênero, o que indica a necessidade de revisão das classes taxonômicas da Baía da Guanabara (Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012).

Ademais destas 2 espécies, outras 25 apresentam elevada ocorrência e ampla distribuição. Entretanto, a biodiversidade de dinoflagelados, especialmente entre os Gymnodiniales, assim como a de outros grupos de flagelados (Haptophyceae, Cryptophyceae, Prasinophyceae, Raphidophyceae), ainda não identificados, está subestimada, tendo em vista o uso de fixadores que destorcem ou destruíram caracteres diagnósticos (Villac e Tenenbaum, 2010).

Se comparados o inventário mais antigo (1917), no qual constam 124 táxons, e o mais atual (2010), com 308 táxons, pode parecer que no período considerado houve um incremento na biodiversidade do fitoplâncton da Baía de Guanabara, não obstante o crescente processo de eutrofização das águas da baía (Hatherly, 2013; Meniconi [Ed.] *et al.*, 2012; Villac e Tenenbaum, 2010).

Para essa diferença de 184 táxons há duas possibilidades. A primeira é traduzida pelo aperfeiçoamento técnico, ao longo desses mais de 100 anos, de detetar e identificar espécies. A segunda diz respeito à melhor percepção de tendências espaciais e temporais na abundância das populações frente ao processo de eutrofização do estuário da Baía de Guanabara, e não somente em termos do número de espécies.

²⁶ 80% das publicações se referiam à estudos de cunho ecológico com tendência a citar apenas espécies mais abundantes. Mas, 24 publicações incluíram listas completas dos táxons identificados em nível específico especialmente daqueles $\geq 20 \mu\text{m}$.

²⁷ Consideradas apenas as investigações que identificaram espécies por microscopia.

Ou seja, a frequência e a extensão de *blooms*, e, a composição e a abundância do fitoplâncton podem ser utilizados, entre outros, como indicadores ecológicos de processos de eutrofização (Brito, *et al.*, 2012).

Tabela 3.5

Inventário de espécies fitoplanctônicas da Baía de Guanabara.

Nota: As espécies foram selecionadas pela ampla distribuição espacial na baía (maiores percentuais de ocorrência) e/ou pela alta frequência de citações em 24 publicações (citação $\geq 25\%$), no período de 1913 a 2004.

Adaptado de Villac e Tenenbaum (2010).

Classe taxonômica	Espécies	% Ocorrência	% Citação
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema costatum</i>	85	42
Bacillariophyceae	<i>Ceratoneis closterium</i>	80	40
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	70	25
Bacillariophyceae	<i>Guinardia striata</i>	67	38
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>	67	38
Dinophyceae	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	67	29
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia longissima</i>	67	13
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	63	33
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira rotula</i>	63	29
Ebriidae	<i>Ebria tripartita</i>	63	25
Euglenophyceae	<i>Eutreptiella marina</i>	63	21
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus minimus</i>	63	13
Dinophyceae	<i>Protoperidinium conicum</i>	63	13
Dinophyceae	<i>Protoperidinium steinii</i>	63	13
Bacillariophyceae	<i>Rhizosolenia setigera</i>	59	29
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	59	29
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i>	59	21
Dinophyceae	<i>Protoperidinium pellucidum</i>	59	13
Dinophyceae	<i>Protoperidinium pyriforme</i>	59	4
Dinophyceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	56	21
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus sinensis</i>	52	21
Dinophyceae	<i>Prorocentrum balticum</i>	52	8
Bacillariophyceae	<i>Helicotheca tamesis</i>	52	4
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha fibula</i>	33	33
Bacillariophyceae	<i>Paralia sulcata</i>	33	25
Dinophyceae	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	22	46
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria paxillifera</i>	7	25

3.5. Síntese da avaliação da eutrofização da Baía de Guanabara

Na Figura 3.19 são indicadas 5 áreas da Baía de Guanabara (numeradas de 1 a 5) onde são propostas classificações para os estágios do processo de eutrofização antrópica da Baía de Guanabara em 2016. A classificação obedece a seguinte nomenclatura: eutrófico, mesotrófico e oligotrófico, crescendo-se a categorização do INEA (2016) quanto ao IQA_{NSF}: excelente, boa, média, ruim e muito ruim.

Dessa forma, tem-se:

Área 1 (apresenta a melhor qualidade da água, estando sob a influência da renovação oceânica, delimitada pelo canal de circulação): mesotrófico e boa.

Área 2 (enseadas sujeitas à descargas de nutrientes, não obstante estarem próximas da entrada da baía): mesotrófico e ruim.

Área 3 (área sujeita à decargas de nutrientes e sob influência da zona portuária): eutrófico e ruim.

Área 4 (área sob influência dos rios e da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim): mesotrófico e média.

Área 5 (área sujeita às maiores descargas de nutrientes e confinadas): eutrófico e muito ruim.

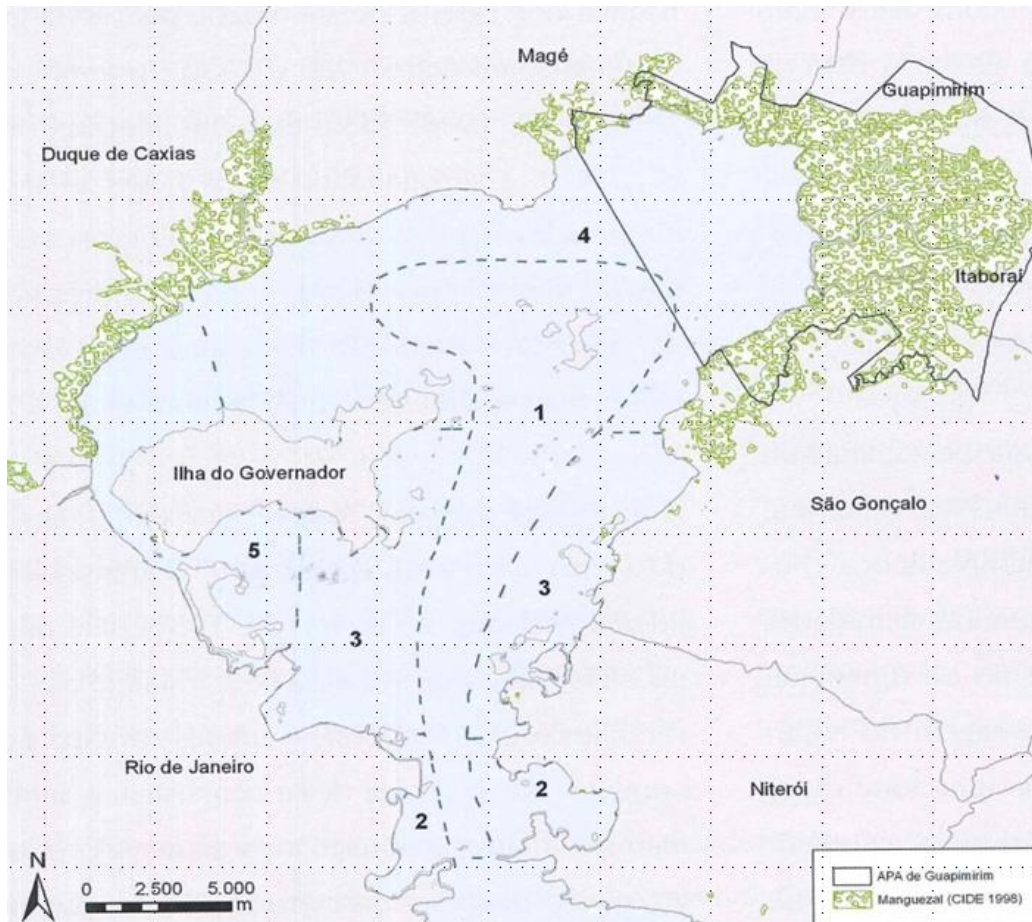


Fig. 3.19. Classificação das áreas da Baía de Guanabara conforme a eutrofização e qualidade da água.
 Nota: O mangal da porção noroeste da baía, em tom verde, ocupa área inferior a mostrada na figura. A Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, na porção nordeste, faz parte da área 4.
 Adaptado de Mayr *et al.* (1989) e Villac *et al.* (1990).

4. Conclusão

Estuários são áreas de transição que conformam habitats intermediários entre o oceano, a terra e a água doce, além da atmosfera, apresentando condições transitórias de complexas e dinâmicas misturas de águas, marcadas por variações extremas com consequências à biota, normalmente abundante, mas de baixa diversidade.

No Brasil, alguns deles são ecossistemas fertilizados, como é o caso da Baía de Guanabara. Desde meados do século XX, o estuário da Baía de Guanabara vem enfrentando um processo de eutrofização antropogênica. As atividades humanas, principalmente, os aglomerados populacionais e a agro-indústria, são as principais fontes de enriquecimento da sua massa de água com nutrientes ricos em nitrogênio (N) e fósforo (P). Situação agravada em face ao descompasso das ações públicas infra-estruturais necessárias, associadas com as condições socioeconômicas ruins de parcela da população da região do Estado do Rio de Janeiro.

A Baía de Guanabara, situada numa região de clima tropical úmido, é geomorfologicamente circunscrita, além de marcada pela influência de rios ao norte e pelo Oceano Atlântico ao sul. A gestão das suas águas é fundamental à manutenção das suas potencialidades.

Nesse contexto, geralmente, é possível estabelecer conjunto de parâmetros físico-químicos das águas, e de parâmetros biológicos e ecológicos do fitoplâncton a serem utilizados como indicadores do seu processo de eutrofização, desde que se possua uma série histórica consistente para comparações, tendo em vista que cada estuário é único na Terra.

5. Referências bibliográficas

Amador, E.S., 1980. Assoreamento da Baía de Guanabara - taxas de sedimentação. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 42, 723-742.

Amador, E.S., 1997. Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos - homem e natureza, 539 pp.

Azevedo, M., 2006. Teses relatórios e trabalhos escolares, 192 pp.

Bérgamo, A.L., 2006. Características hidrográficas da circulação e dos transportes de volume e sal na Baía de Guanabara (RJ): variações sazonais e moduladas pela maré. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP), Ph.D. Tese, 180 pp.

Branco, M.L.G.C. [Ed.], 2011. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasil, 176 pp.

Brito, A.C., Brotas, V., Caetano, M., Coutinho, T.P., Bordalo, A.A., Icely, J., Netof, J.M., Serôdio, J., Moita, T., 2012. Defining phytoplankton class boundaries in Portuguese transitional waters: An evaluation of the ecological quality status according to the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* 19, 5-14.

Brito, A.C., Quental, T., Coutinho, T.P., Branco, M.A.C, Falcão, M., Newton, A., Icely, J., Moita, T., 2012. Phytoplankton dynamics in southern Portuguese coastal lagoons during a discontinuous period of 40 years: An overview. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 110, 147-156.

Brown, E., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., Wright, J., 1997. *Seawater: Its Composition, Properties and Behaviour*. Prepared by an Open University Course Team, 168 pp.

Brown, J., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., Wright, J., 1995. *Ocean Chemistry and Deep-Sea Sediments*. Prepared by an Open University Course Team, 134 pp.

Bueno, E., 2003. *Brasil: uma História*, 119 pp.

Cataranzo, L.F., 2003. Distribuição de sedimentos e características de ecocarater (7,0kHz) na Baía de Guanabara. Universidade Federal Fluminense (UFF), Sc.M. Tese, 58 pp.

Cataranzo, L.F., Baptista, J.A., Guimarães, M.S.D., Silva, C.G., 2004. Distinctive sedimentary processes in Guanabara Bay - SE/Brazil; based on the analysis of echo-character (7.0kHz). *Revista Brasileira de Geofísica* 22, 69-83.

CEC, 2000. Council Directive of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy (2000/60/EC). *Official J. Eur. Commun.* L327 of 22.12.2000, 1-72.

CERHI, 2013. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Resolução 107, de 22 de Maio de 2013, que aprova nova definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e revoga a Resolução 18, de 08 de Novembro de 2006. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro* nº 057, 18.06.2013, 35-36.

Chang, R., 2005. *Química*, 1.039 pp.

CHM, 2012. Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. *Cartas de correntes de maré da Baía de Guanabara*, 32 pp.

Christensen, P.B. [Ed.], M, Møhlenberg, F., Lund-Hansen, L.C., Borum, J., Christansen, C., Larsen, S.E., Hansen, M.E., Andersen, J., Kirkegaard, J., 1998. The Danish Marine Environment: Has Action Improved its State?, Ministry of Environmental and Energy, Denmark, Danish Environment Protection Agency Report 62 de 1998, 120 pp.

CNUDM, 1982. Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, de 10 de Dezembro 1982. Decreto 1.530, de 22 Junho 1995, 123 pp.

CONAMA, 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução 357, de 17 de Março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 053, 18.03.2005, 58-63.

CONAMA, 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução 410, de 04 de Maio de 2009, que prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, e no art. 3º da Resolução nº 397, de 3 de Abril de 2008. Diário Oficial da União nº 083, 05.05.2009, 106.

CONAMA, 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução 430, de 13 de Maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 17 de Março de 2005. Diário Oficial da União nº 092, 16.05.2011, 89.

COPPETEC, 2014. Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Caracterização Ambiental do Estado do Rio de Janeiro. Relatório preparado para o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (PERH-RJ) da Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) do Governo do Estado do Rio de Janeiro, 105 pp.

Coutinho, M.T.P., Brito, A.C., Pereira, P., Gonçalves, A.S., Moita, M.T., 2012. A phytoplankton tool for water quality assessment in semi-enclosed coastal lagoons: Open vs closed regimes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 110, 134-146.

Day, J.H., 1980. What is an Estuary? *South African Journal of Science* 76, 197-198.

Eichler, B.B., Miranda, L.B., Kjerfve, B., Eichler, P.P.B., Bérnago, A.L., Bernardes, M.E.C., Cardoso, P.B.P.K., David, C.J., Alcarpe, P., Neto, M.S.S., 2000. Resultados preliminares da estrutura de velocidade de corrente na entrada da Baía de Guanabara ao longo de um ciclo de maré. *Anais da XIII Semana Nacional de Oceanografia de Itajaí, Santa Catarina*, 28, 251-262.

Falkowski, P.G., Davis, C.S., 2004. Marine Biogeochemistry: on Redfield Ratios. *ScienceWeek. Nature* 119, 2004.

Faria, J.G., 1914. Um ensaio sobre o plâncton, seguido de observações sobre ocorrência de plâncton monotonu, causando a mortandade entre peixes na Baía do Rio de Janeiro. Tese de Livre Docência, Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro, Universidade do Brasil (UNIRIO), 48 pp.

FEEMA, 1998. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. Qualidade de Água da Baía de Guanabara 1990-1997. Relatório preparado para o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) da Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) do Governo do Estado do Rio de Janeiro, 173 pp.

Ferreira, A.B.H., 2009. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (Português do Brasil), 2.120 pp.

- Ferreira, A.B.H., 1986. Novo Dicionário da Língua Portuguesa, 1.659 pp.
- Fillipo, A.M., 1997. Passagem de frentes frias na Baía de Guanabara: impacto no nível do mar. Universidade Federal Fluminense (UFF). Sc.M. Tese, 79 pp.
- Graham, L.E., Wilcox, L.W., 2000. Algae, 640 pp.
- Granéli, E., 2005. Eutrophication and Harmful Algal Blooms. University of Kalmar, Sweden. Published by University of Tromsø, Norway, version January06, 2005, 99-112.
- Hatherly, M.M.F., 2013. Alterações na estrutura da comunidade do micropâncton da Baía de Guanabara (RJ): 20 anos de amostragem. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Sc.M. Tese, 46 pp.
- IBGE, 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Dados disponíveis no website <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>.
- INEA, 2010. Instituto Estadual do Ambiente (INEA) do Governo do Estado do Rio de Janeiro. O Estado do Ambiente - Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro, 160 pp.
- INEA, 2016. Instituto Estadual do Ambiente (INEA) do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Dados brutos da RH V, 2014 e 2015. Dados disponíveis no website <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/aguasInteriores/Qualificaodeguas/RHV-BaiadeGuanabara1/index.htm&lang=#/ConsultaosDados>.
- INMET, 1992. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990, precipitação acumulada mensal e anual. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 84 pp.
- JICA, 1994. Japan International Cooperation Agency. The study on recuperation of the Guanabara Bay ecosystem, Vol. 2, Main Report, pp 72.
- Kaiser, M.J., Attrill, M.J., Jennings, S., Thomas, D.N., Barnes, D.K.A., Brierley, A.S., Polunin, N.V.C., Raffaelli, D.G., Williams, P.J.B., 2005. Marine Ecology: Processes, Systems, and Impacts, 557 pp.
- Kampel, M., 2003. Estimativa da produção primária e biomassa fitoplanctônica através de sensoriamento remoto da cor do oceano e dados *in situ* na costa sudeste brasileira. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP), Ph.D. Tese, 311 pp.
- Kjerfve, B., Ribeiro, C.H.A., Dias, G.T.M., Filippa, A.M., Quaresma, V.S., 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. Continental shelf research 17, 1609-1643.
- Lamparelli, M.C., 2004. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP), Ph.D. Tese, 328 pp.
- Mayr, L.M., 1998. Avaliação ambiental da Baía de Guanabara com o suporte do geoprocessamento. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Ph.D. Tese, 386 pp.
- McLusky, D.S., Elliott M., 2004. The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats, and Management, 214 pp.

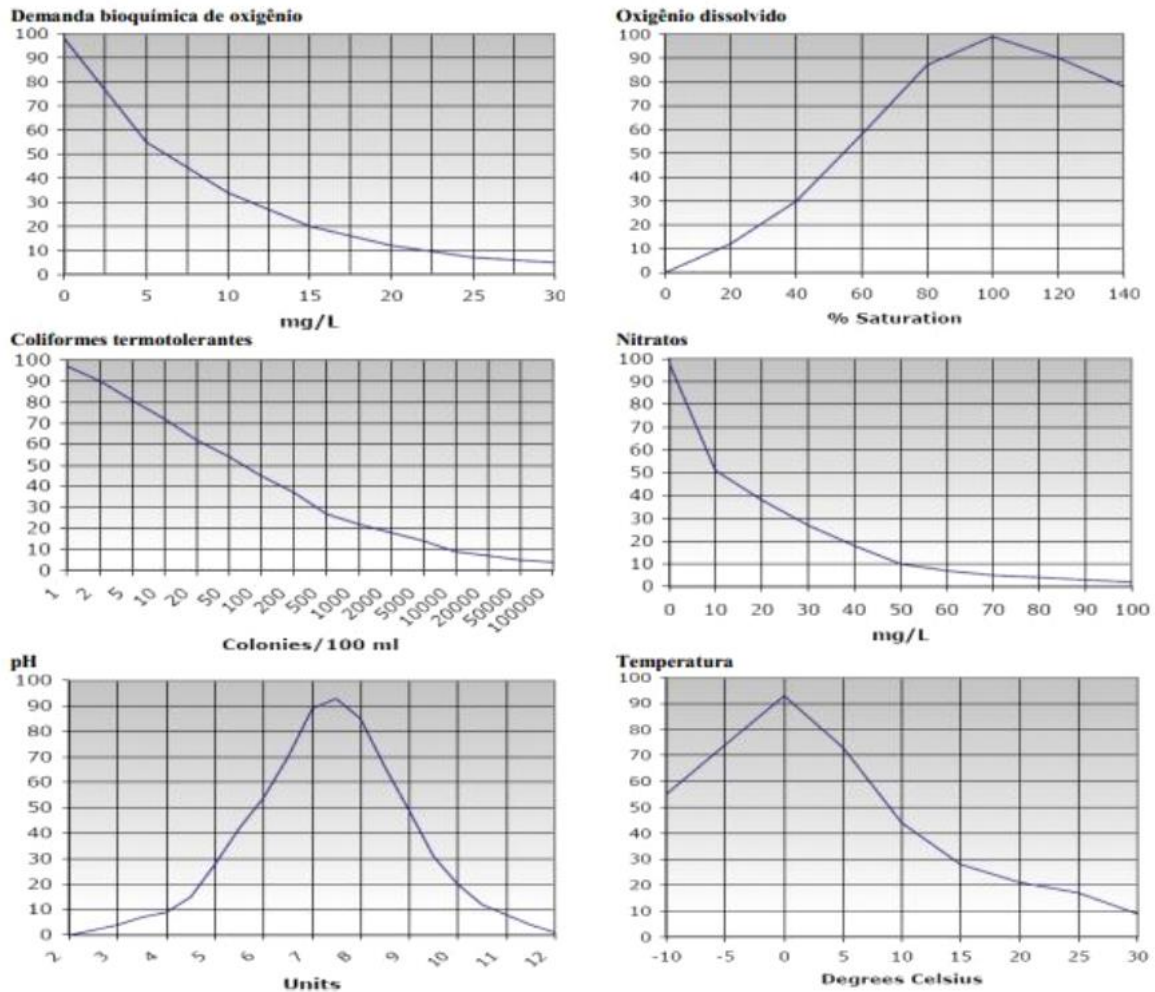
- Melo, G.V., 2004. Transporte de metais pesados no sedimento em suspensão na Baía de Guanabara, em um ciclo de maré. Universidade Federal Fluminense (UFF), Sc.M. Tese, 85 pp.
- Meniconi, M.F.G. [Ed.], Silva, T.A, Fonseca, M.L., Lima, S.O.F., Lima, E.F.A., Lavrado, H.P., Jr. Figueiredo, A.G., 2012. Baía de Guanabara: síntese do conhecimento ambiental. v. 1. Ambiente e influência antrópica, 337 pp, v 2. Biodiversidade, PETROBRAS, 479 pp.
- Navarro, E.A., 2013. Dicionário de Tupi Antigo: a Língua Indígena Clássica do Brasil, 100 pp.
- Nixon, S.W., 1995. Coastal Marine Eutrophication: a Definition, Social Causes, and Future Concerns. *Ophelia*, 41, 199-219.
- Oliveira, E.N., Paranhos, R., Fernandes, A., Grassi, R., Cordeiro, R.C., Pinto, F.N., Brandini, N., Fillipo, A., 2015. Estimativa da Clorofila *a* por Sensoriamento Remoto: Baía da Guanabara (RJ). Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 5.086-5.093.
- Quaresma, V.S., 1997. Caracterização da dinâmica sedimentar da Baía de Guanabara. Universidade Federal Fluminense (UFF), Sc.M. Tese, 97 pp.
- Quaresma, V.S., Dias, G.T.M., Baptista, J.A., 2000. Caracterização de padrões de sonar de varredura lateral de 3,5kHz e 7,0kHz na porção sul da Baía de Guanabara. *Revista Brasileira de Geofísica* 18, 201-214.
- Reynolds, C.S., 2006. *The Ecology of Phytoplankton*, 524 pp.
- Richardson, K., Jørgensen, B.B., 1996. Eutrophication: Definition; History and Effects. *Eutrophication in Coastal Marine Ecosystems, Coastal and Estuarine Studies*, v.2, 1-20.
- Smayda, T.J., 2005. Eutrophication and Phytoplankton. Drainage Basin Nutrient Inputs and Eutrophication: an Integrated Approach, University of Tromsø, Norway, version January06, 2005, 89-98.
- Thomann, R.V., Mueller, J.A., 1987. *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*. Harper Collins Publishers, 644 pp.
- Villac, M.C., 1990. O fitoplâncton como instrumento de diagnose e monitoramento ambiental: um estudo de caso da Baía de Guanabara. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Sc.M. Tese, 193 pp.
- Villac, M.C., Tenenbaum, D.R, 2010. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. I. Historical account of its biodiversity. *Biota Neotrop* 10 (2), 271-293.
- Wassmann, P., 2005. Eutrophication, Primary Production and Vertical Export. Drainage Basin Nutrient Inputs and Eutrophication: an Integrated Approach. Published by University of Tromsø, Norway, version January06, 2005, 126-138.
- Wassmann, P., Olli, K., 2005. Integrated approaches to drainage basin nutrient inputs and coastal eutrophication: an introduction. Published by University of Tromsø, Norway, version January06, 2005, IX-XVI.

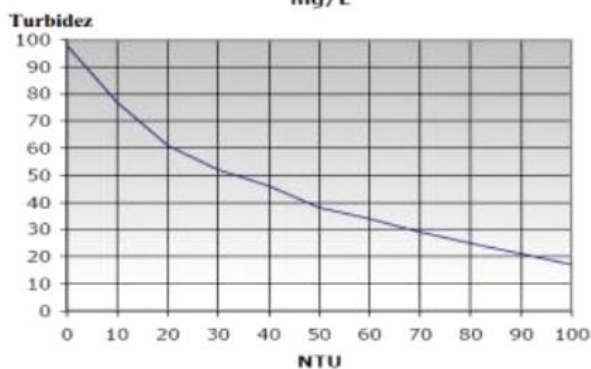
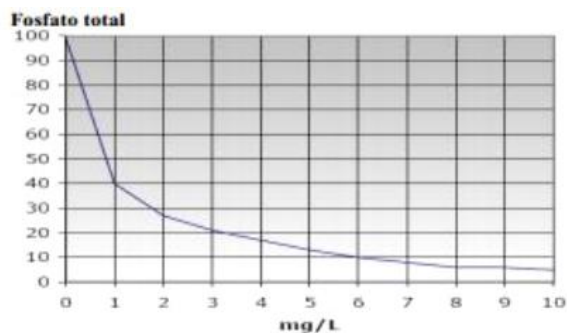
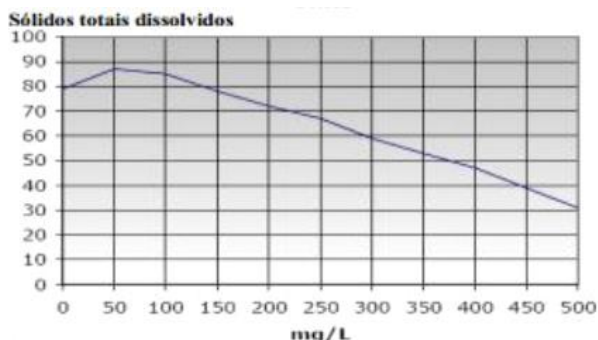
6. Anexos

6.1. Síntese do cálculo do IQA_{NSF}

O IQA_{NSF} foi criado em 1970, nos Estados Unidos América (EUA), pela *National Sanitation Foundation* (NSF).

Baseado numa pesquisa de opinião desenvolvida por Brown *et al.* (1970), junto a 142 especialistas, foram selecionadas 9 variáveis consideradas mais representativas em relação à qualidade de água. Para cada variável foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração à uma nota, pontuada de zero (a pior nota) a 100 (a melhor nota), como exemplificado nos gráficos abaixo e com adaptações em algumas unidades de medida (INEA, 2016):





- Observações**
- Se a DBO for maior que 30 mgL^{-1} , o valor de q será 2.
 - Se o % de sat. de O_2 for maior que 140, o valor de q será 50.
 - Se a concentração de coliformes termotolerantes for superior a $100000 \text{ NMP } 100\text{mL}^{-1}$, o valor de q será 2.
 - Se a concentração de nitrato for maior que 100 mgL^{-1} , o valor de q será 1.
 - Se o valor de pH for inferior a 2 ou superior a 12 o valor de q será 0.
 - O valor de temperatura corresponde a diferença entre a temp. de um sítio de referência e a do ponto de coleta ($T - T_r - T_i$).
 - Se a concentração de sólidos totais dissolvidos for superior a 500 mgL^{-1} , o valor de q será 20.
 - Se a concentração de fosfato for superior a 10 mgL^{-1} o valor de q será 2.
 - Se a turbidez da amostra for superior a 100 uT (ou NTU), o valor de q será 5.

Além do seu valor de qualidade (q_i), à cada variável foi atribuído um peso relativo (w_i) considerando às especificidades da Região Hidrográfica V (Baía de Guanabara). A ausência de resultado referente a pelo menos uma das nove variáveis inviabiliza a aplicação do IQA_{NSF} .

A tabela abaixo indica os pesos fixados para cada variável de qualidade de água que compõe o IQA_{NSF} .

Variáveis - IQA_{NSF}	Unidade de medida	Pesos (w_i)
Coliformes Termotolerantes	$\text{NMP} \cdot 10^{-2} \text{ mL}$	0,16
Demanda Bioquímica Oxigênio	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,11
Fósforo Total	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,10
Nitrato	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,10
Oxigênio Dissolvido	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,17
pH	-	0,11
Sólidos Dissolvidos Totais	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,07
Temperatura*	$^{\circ}\text{C}$	0,10
Turbidez	uT	0,08

* O valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.

Dessa forma, o valor de IQA_{NSF} é determinado como o produtório ponderado da qualidade da água das nove variáveis, elevadas ao seu respectivo peso, conforme a fórmula:

$$\text{IQA}_{\text{NSF}} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Sendo:

IQA_{NSF} - Índice de Qualidade de Água, um valor entre 0 e 100.

q_i - qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade (resultado da análise).

w_i - peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

A tabela abaixo apresenta os níveis de qualidade de água a partir dos resultados obtidos pelo cálculo do IQA_{NSF} , classificados em faixas:

Categoria	IQA_{NSF}	Faixas
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$	
BOA	$90 > IQA \geq 70$	
MÉDIA	$70 > IQA \geq 50$	
RUIM	$50 > IQA \geq 25$	
MUITO RUIM	$25 > IQA \geq 0$	
Sem informação	-	

6.2. Dados brutos de amostragens e IQA_{NSF} consolidados de 2014 da RH V (Baía de Guanabara)

Obs: As faixas de cores da coluna IQA_{NSF} representam categorias da qualidade da água, conforme descrito no Anexo 6.1.

Estação de amostragem	Rio	Município	IQA _{NSF}	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) (mg.L ⁻¹)	Fósforo Total (PT) (mg.L ⁻¹)	Nitrito (NO ₂) (mg.L ⁻¹)	Nitratado (NO ₃) (mg.L ⁻¹)	Oxigênio Dissolvido (OD) (mg.L ⁻¹)	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) (uT)	Coliformes Termotolerantes (NMP.10 ⁻² mL)	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (mg.L ⁻¹)	Temperatura da água (°C)	Temperatura do ar (°C)
AC240	Acari	Rio de Janeiro	14,2	32,0	7,26	-0,01	0,0	7,2	23,00	=>1.600.000	239	27	30	
			14,9	36,0	1,47	14,25	0,0	7,1	29,00	=>1.600.000	283	28	31	
			16,6	44,0	1,75	2,15	0,0	6,8	16,00	=>1.600.000	229	25	20	
			22,3	28,0	1,64	-0,10	1,4	7,4	34,00	=>1.600.000	245	20	23	
			13,3	80,0	2,71	-0,01	0,0	7,2	216,00	=>1.600.000	609	28	32	
			14,4	40,0	7,88	-0,01	0,0	7,2	17,00	=>1.600.000	244	27	28	
AC241	Acari	Rio de Janeiro	14,7	40,0	1,56	13,32	0,0	7	17,00	=>1.600.000	310	25	31	
			18,2	38,0	3	0,07	1,0	6,9	27,00	=>1.600.000	202	24	27	
			23,8	20,0	2,31	-0,10	1,4	7,3	43,00	=>1.600.000	349	20	18	
			18,8	68,0	1,54	0,04	0,7	6,9	93,00	=>1.600.000	297	24	21	
			29,4	12,0	3,25	0,02	2,6	7,6	5,20	920.000	294	25	24	
			19,9	20,0	4,73	28,22	1,6	7,3	3,70	640.000	387	25	28	
AN738	Alcântara	São Gonçalo	32,1	14,0	2,76	0,01	3,8	7,6	5,70	49.000	330	19	22	
			27,7	11,0	4,29	0,06	2,2	8	5,00	70.000	356	20	21	
			27,3	12,0	3,69	0,40	2,8	7,6	47,00	1.600.000	294	23	22	
			23,1	20,0	2,54	0,02	1,0	7,4	16,00	=>1.600.000	238	26	24	
			23,0	16,0	1,58	20,00	0,8	7,1	7,80	=>1.600.000	320	24	25	
			29,4	13,0	2,2	0,01	2,8	7,4	8,10	540.000	299	17	14	
AN740	Alcântara	São Gonçalo	26,8	11,0	4,1	0,04	2,2	7,7	7,00	=>1.600.000	341	19	21	
			19,3	32,0	4,63	0,12	1,6	7,4	52,00	=>1.600.000	348	24	20	
			23,1	28,0	1,08	0,02	0,6	6,9	10,00	=>1.600.000	178	27	28	
			20,4	16,0	0,67	12,88	0,0	6,9	18,00	1.600.000	286	25	26	
			21,7	16,0	1,27	0,03	0,0	6,9	14,00	1.600.000	207	18	17	
			14,9	36,0	3,87	0,03	0,0	7,6	22,00	=>1.600.000	256	21	19	
AN741	Alcântara	São Gonçalo	18,4	40,0	2,13	0,05	1,0	7,1	46,00	=>1.600.000	284	23	21	
			20,8	32,0	2,14	0,03	1,2	7,3	5,90	=>1.600.000	193	26	25	
			17,7	20,0	2,68	17,48	0,0	7	11,00	=>1.600.000	300	26	27	
			31,1	15,0	1,63	0,09	3,2	7,2	9,40	240.000	244	19	20	
			27,5	13,0	4,06	0,02	2,4	7,8	6,40	920.000	249	21	21	
			20,8	40,0	2,81	0,41	1,8	7,3	12,00	=>1.600.000	217	24	21	
AN750	Alcântara	São Gonçalo	18,6	32,0	3,28	1,58	1,4	7,3	5,90	=>1.600.000	197	26	23	
			25,0	16,0	1,64	18,50	1,8	7,1	3,70	1.600.000	308	26	23	
			31,0	12,0	2,09	5,23	3,8	7	7,90	240.000	239	18	13	
			30,3	12,0	3,17	1,61	3,2	7,3	4,70	920.000	223	21	19	
			19,0	72,0	3,61	2,63	1,6	7,1	9,00	=>1.600.000	291	23	19	
			14,3	36,0	5,92	0,07	0,0	7,1	29,00	=>1.600.000	305	27	29	
BM750	Bomba	São Gonçalo	19,7	20,0	1,79	2,23	0,0	7,2	9,20	1.600.000	289	27	31	
			15,7	108,0	2,89	2,47	0,0	6,8	12,00	=>1.600.000	212	25	24	
			22,8	20,0	2,32	-0,10	1,0	7,3	23,00	=>1.600.000	292	21	20	
			17,6	48,0	2,21	0,07	0,8	7,2	56,00	=>1.600.000	196	25	21	
			23,1	60,0	1,69	0,04	2,8	7,4	30,00	=>1.600.000	285	28	32	
			19,7	36,0	0,98	8,43	1,0	7,1	8,30	=>1.600.000	203	28	25	
BT100	Bota	Belford Roxo	15,9	72,0	2,75	0,10	0,0	7,0	11,00	=>1.600.000	261	30	28	
			30,7	20,0	3,12	-0,10	5,2	7,4	8,00	540.000	210	20	19	
			14,2	56,0	2,16	-0,01	0,4	7,3	148,00	=>1.600.000	238	23	26	
			22,8	44,0	1,03	0,04	2,2	7,3	29,00	=>1.600.000	264	28	32	
			18,4	40,0	2,13	6,01	0,8	7,1	15,00	=>1.600.000	200	26	25	
			19,1	132,0	3,62	0,03	0,0	7,0	123,00	=>1.600.000	380	30	28	
CB004	Caboclo	Duque de Caxias	36,6	12,0	1,49	-0,10	5,4	7,4	28,00	1.600.000	211	19	19	
			18,0	36,0	2,00	-0,01	0,0	7,0	24,00	=>1.600.000	226	23	27	

CC620	Caceribú	Itaboraí	61,3	5,0	0,2	3,06	5,6	6,9	7,60	2,000	105	27	26
			59,4	-2,0	0,13	3,73	3,4	6,8	7,00	450	162	26	25
			58,4	-2,0	0,21	2,48	4,4	6,6	6,80	780	140	18	16
			49,8	2,6	0,35	4,78	2,2	7,3	3,30	820	158	20	23
CC622	Guapimirim	Itaboraí	46,1	3,2	0,45	9,82	2,8	7,1	7,30	2,300	201	22	19
			32,7	20,0	0,47	1,05	1,6	6,8	13,00	4,900	751	27	28
			48,4	3,0	0,18	1,81	3,0	7	8,40	3,300	5,372	28	26
			42,9	-2,0	0,48	0,06	2,6	7,1	5,70	7,900	534	18	18
CC625	Caceribú	Tanguá	61,7	2,6	0,4	0,08	3,6	7,6	7,10	20	8,778	20	22
			47,0	2,0	0,51	0,11	2,8	7,2	7,70	2,300	12,466	22	19
			32,3	16,0	0,63	3,40	3,0	6,8	19,00	130,000	110	25	25
			37,3	3,0	0,25	5,08	2,6	6,6	12,00	170,000	146	25	24
CC630	Rio Bonito	Tanguá	46,1	4,4	0,32	3,35	6,0	6,9	17,00	49,000	156	17	14
			34,9	5,6	0,80	5,65	2,2	7,3	13,00	49,000	132	20	20
			35,8	4,4	0,35	6,00	2,4	7,0	19,00	92,000	157	22	19
			74,4	-2,0	0,14	0,23	8,4	7,1	8,30	450	44	23	23
CH025	Cachorros 1	Rio Bonito	72,0	-2,0	0,04	0,20	8,4	6,8	6,90	790	110	21	22
			61,3	-2,0	0,06	0,10	9,2	6,9	6,60	7,900	166	17	13
			70,8	-2,0	0,10	0,12	9,2	7,3	5,90	1,300	48	19	20
			69,6	-2,0	0,04	0,16	8,4	7,2	8,60	1,300	45	22	19
CH088	Cachorros 2	Rio de Janeiro	18,8	104,0	2,70	0,16	1,4	7,3	47,00	=-1.600.000	276	28	32
			15,2	40,0	1,13	12,68	0,0	7,0	16,00	=-1.600.000	173	27	24
			13,3	124,0	1,94	0,03	0,0	6,9	110,00	=-1.600.000	301	29	27
			33,3	44,0	3,56	-0,10	4,2	7,6	30,00	=-1.600.000	236	21	20
CM020	Comprido	Rio de Janeiro	14,7	84,0	2,21	-0,01	0,0	7,1	64,00	=-1.600.000	235	22	29
			31,8	68,0	1,38	0,05	1,6	7,2	32,00	=-1.600.000	231	28	32
			17,8	52,0	1,30	9,81	0,0	6,8	12,00	=-1.600.000	163	27	24
			13,3	80,0	2,75	0,08	0,0	6,9	29,00	=-1.600.000	256	29	27
CN100	Canal do Cunha	Rio de Janeiro	28,8	28,0	1,82	-0,10	4,4	7,6	23,00	=-1.600.000	234	21	20
			19,8	210,0	2,93	-0,01	0,0	7,2	21,00	=-1.600.000	313	22	29
			19,1	104,0	2,83	6,77	1,8	7,7	56,00	=-1.600.000	236	28	28
			13,3	80,0	1,83	22,89	0,0	7,2	90,00	=-1.600.000	235	25	27
FR142	Farias	Rio de Janeiro	13,7	132,0	3,59	0,04	0,8	7,0	103,00	=-1.600.000	437	26	22
			18,0	136,0	4,95	0,04	1,0	7,4	77,00	=-1.600.000	263	23	27
			29,7	22,0	1,31	0,33	3,6	7,1	15,00	=-1.600.000	225	21	24
			26,8	28,0	0,27	2,40	2,0	7	30,00	=-1.600.000	233	27	28
GP600	Guapi	Guapimirim	13,4	44,0	2,23	1,86	0,0	6,9	15,00	=-1.600.000	1,170	28	28
			14,8	40,0	1,94	0,10	0,0	6,8	28,00	1,600.000	648	28	22
			27,0	16,0	0,94	-0,10	1,6	6,9	21,00	=-1.600.000	340	20	20
			34,9	16,0	2,11	0,04	1,5	6,9	12,00	=-1.600.000	1,366	23	22
GX720	Guaxindiba	São Gonçalo	13,7	60,0	1,77	-0,01	0,0	7,2	30,00	=-1.600.000	173	27	35
			18,0	60,00	1,44	0,17	0,0	7,1	38,00	=-1.600.000	254	27	31
			19,0	70,0	3,12	0,10	1,4	6,9	42,00	=-1.600.000	218	26	27
			19,3	32,0	2,34	2,10	1,4	7,3	28,00	=-1.600.000	212	21	22
IA250	Iguaçu	Duque de Caxias	14,8	90,0	2,51	-0,01	0,0	7,4	63,00	=-1.600.000	373	29	30
			50,7	10,0	0,5	0,42	4,6	6,3	12,00	3,300	46	28	30
			57,3	2,0	0,04	,17	3,6	7	23,00	1,700	157	28	28
			57,1	-2,0	0,1	0,15	6,2	6,4	36,00	3,300	105	18	21
IA260	Iguaçu	Duque de Caxias	56,6	-2,0	0,28	0,16	4,8	7,1	7,30	3,300	62	20	24
			57,0	-2,0	0,07	0,35	7,2	7,1	20,00	13,000	144	22	19
			13,8	36,0	2,88	-0,01	0,0	7,3	17,00	=-1.600.000	245	27	27
			19,3	16,0	1,46	15,86	0,0	6,8	8,00	=-1.600.000	324	24	25
IA261	Iguaçu	Duque de Caxias	28,7	14,0	1,69	0,02	2,2	7	6,40	920,000	221	15	13
			22,7	18,0	4,28	0,04	1,4	7,3	9,80	=-1.600.000	349	21	19
			18,1	32,0	2,39	0,21	1,0	7,1	43,00	=-1.600.000	205	23	20
			30,3	8,0	7,49	5,38	4,0	7,1	18,00	=-1.600.000	148	25	28
IA262	Iguaçu	Duque de Caxias	29,4	10,0	2,2	9,37	3,0	6,9	7,80	920,000	220	24	31
			43,0	7,6	0,52	7,19	6,6	6,8	8,20	=-1.600.000	122	22	24
			44,7	10,0	0,4	-0,10	7,0	7	21,00	70,000	107	18	20
			34,3	8,0	3,4	7,89	5,4	7,1	28,00	640,000	156	22	22
IA261	Iguaçu	Duque de Caxias	30,9	16,0	0,86	7,96	0,0	6,9	24,00	=-1.600.000	79	30	32
			18,8	16,0	1,7	11,59	0,0	6,8	27,00	=-1.600.000	312	29	31
			31,8	8,0	2,32	0,05	0,0	7	37,00	1,600.000	456	22	24
			19,8	24,0	1,37	-0,10	0,0	7	21,00	=-1.600.000	139	19	18
IA262	Iguaçu	Duque de Caxias	30,3	24,0	0,89	0,09	0,0	6,9	23,00	920,000	111	30	32
			30,9	16,0	0,89	0,04	0,0	7,0	14,00	=-1.600.000	828	30	31
			18,7	16,0	2,51	0,06	0,0	7,0	35,00	920,000	2,929	22	24
			22,8	12,0	1,01	-0,10	0,0	6,9	24,00	=-1.600.000	148	18	18
IA262	Iguaçu	Duque de Caxias	31,6	16,0	1,19	0,05	0,0	6,9	22,00	240,000	131	30	32
			11,9	28,0	2,13	0,07	0,0	7,1	9,70	=-1.600.000	1,220	30	31
			30,8	12,0	2,13	0,07	0,0	7,1	34,00	1,600.000	+623	22	24
			18,8	16,0	2,37	-0,10	0,0	7,1	43,00	=-1.600.000	445	19	18

IB810	Imboassú	São Gonçalo	15,6	40,0	1,66	0,02	0,0	6,9	18,00	=-1.600.000	3.482	26	23
			16,0	24,0	2,14	13,76	0,0	6,8	9,80	=-1.600.000	3.094	26	23
			18,0	36,0	1,63	0,03	0,0	6,9	24,00	1.600.000	308	18	13
			17,8	24,0	2,48	-0,01	0,0	7,1	9,70	=-1.600.000	6.448	21	19
IJ200	Irajá	Rio de Janeiro	20,4	20,0	1,69	0,05	1,0	7,1	18,00	=-1.600.000	977	23	20
			29,5	24,0	0,27	1,86	3,0	7,0	22,00	=-1.600.000	420	27	29
			14,3	72,0	1,25	15,45	0,0	7,0	30,00	=-1.600.000	784	28	26
			13,2	44,0	2,25	0,03	0,0	6,9	16,00	1.600.000	1.910	28	23
IN450	Inhomirim	Magé	13,0	20,0	1,03	-0,12	2,0	7,0	42,00	=-1.600.000	3.843	21	20
			17,0	40,0	1,84	0,02	2,1	7,4	109,00	=-1.600.000	9.632	24	22
			34,6	8,0	0,28	0,74	2,4	6,5	9,80	540.000	34	26	31
			30,8	12,0	0,19	0,31	1,8	6,5	11,0	540.000	64	25	32
IN460	Inhomirim	Magé	48,2	3,2	0,11	0,40	6,0	6,5	3,6	33.000	72	19	28
			45,4	3,4	0,21	0,10	6,0	6,5	14,00	=-1.600.000	37	19	22
			28,3	12,0	0,20	1,54	2,8	7,0	111,00	920.000	120	22	21
			39,5	4,0	0,07	1,13	3,0	6,5	9,50	540.000	16	25	26
IN460	Inhomirim	Magé	29,5	10,0	0,41	3,06	1,2	6,5	14,00	1.600.000	109	26	27
			44,1	4,0	0,14	0,24	4,4	6,6	4,40	49.000	92	17	20
			46,7	-2,0	0,15	-0,10	6,0	6,5	9,50	920.000	81	17	19
			26,5	16,0	0,48	1,78	1,0	6,5	8,30	=-1.600.000	136	23	20
IR540	Irirí	Magé	37,3	8,0	0,38	0,05	0,8	6,4	24,00	2.300	102	26	26
			46,1	2,0	0,33	0,04	2,0	6,9	28,00	780	15 162	25	29
			47,8	4,0	0,23	0,01	2,2	6,8	31,00	200	448	17	22
			51,5	-2,0	0,16	-0,10	2,8	6,9	9,30	1.300	285	18	21
JN820	Joana	Rio de Janeiro	35,0	6,0	0,27	0,05	2,8	6,8	17,00	220.000	14 841	24	22
			32,2	24,0	0,71	1,47	4,0	7,4	20,00	=-1.600.000	165	27	28
			17,9	32,0	1,9	12,38	1,0	7,1	31,00	=-1.600.000	172	25	30
			18,9	54,0	3,02	0,06	1,4	7	38,00	=-1.600.000	214	24	22
MC965	Macacu	Cachoeiras de Macacu	18,4	60,0	3,94	0,12	1,2	7,3	16,00	=-1.600.000	154	23	26
			29,8	18,0	1,48	0,16	3,2	6,9	11,00	=-1.600.000	230	20	24
			55,9	-2,0	1,64	0,28	8,6	6,9	1,40	3.300	6	30	21
			62,3	-2,0	0,08	0,22	8,6	6,6	1,60	7.900	41	22	23
MC967	Macacu	Cachoeiras de Macacu	63,0	-2,0	1,6	0,09	9,6	6,8	0,37	780	30	13	19
			69,3	-2,0	0,09	0,11	9,6	7,1	0,92	1.100	44	17	24
			61,5	-2,0	0,11	0,41	9,4	7	4,60	7.900	65	23	20
			50,3	-2,0	1,27	0,38	7,6	6,7	4,70	24.000	5	29	23
MG580	Magé	Magé	64,9	-2,0	0,24	0,75	7,6	6,7	5,70	2.400	93	22	24
			54,9	-2,0	1,93	0,14	9,4	6,9	8,30	4.900	46	14	20
			56,7	-2,0	0,33	0,29	9,2	7,4	4,20	13.000	160	17	24
			51,0	2,0	0,16	0,76	8,0	7,1	9,20	130.000	89	23	20
MN000	Canal do Mangue	Rio de Janeiro	16,3	52,0	1,8	0,07	0,0	7,2	31,00	=-1.600.000	262	27	27
			17,0	20,0	1,42	20,19	0,0	7	20,00	=-1.600.000	5.346	27	30
			25,4	4,0	2,87	0,07	1,0	7,2	54,00	=-1.600.000	316	20	22
			25,0	10,0	2,12	-0,10	1,0	7,1	34,00	=-1.600.000	282	19	22
MN011	Canal do Mangue	Rio de Janeiro	11,8	60,0	2,45	11,36	0,0	7,2	215,00	=-1.600.000	315	23	21
			20,2	36,0	1,28	0,07	1,0	7,1	19,00	=-1.600.000	250	27	28
			16,3	36,0	1,27	0,18	0,0	6,9	9,80	=-1.600.000	2.674	29	28
			13,3	48,0	1,62	0,03	0,0	6,8	23,00	=-1.600.000	2.788	26	20
MR040	Maracanã	Rio de Janeiro	27,9	24,0	0,8	-0,10	3,8	7,1	48,00	350.000	482	19	19
			19,0	26,0	2,26	0,04	0,5	6,9	19,00	=-1.600.000	3.584	24	20
			15,9	40,0	1,11	0,04	0,0	6,8	24,00	=-1.600.000	856	27	28
			17,9	76,0	2,02	13,12	1,0	7	25,00	=-1.600.000	237	29	28
MR043	Maracanã	Rio de Janeiro	25,9	28,0	1,53	0,06	2,8	6,8	23,0	=-1.600.000	256	26	21
			32,1	20,0	0,72	-0,10	4,2	6,9	21,0	350.000	318	20	19
			26,2	18,0	1,36	2,14	1,6	7	13,0	=-1.600.000	254	22	20
			25,3	44,0	1,73	5,30	3,8	7,5	24,0	=-1.600.000	136	28	28
MT820	Mutondo	São Gonçalo	23,3	20,0	1,99	11,24	1,6	7,0	15,0	=-1.600.000	152	25	30
			14,8	80,0	3,22	0,10	0,0	7,0	62,00	=-1.600.000	240	24	23
			13,0	92,0	3,86	0,10	1,4	7,4	56,00	=-1.600.000	154	22	26
			16,4	52,0	1,44	0,04	1,4	6,8	49,00	=-1.600.000	200	20	24
MT821	Mutondo	São Gonçalo	26,1	32,0	0,78	3,65	3,4	7,4	19,00	=-1.600.000	154	27	28
			13,0	64,0	3	17,60	1,6	7,3	36,00	=-1.600.000	172	25	27
			18,0	70,0	3,31	0,07	1,2	7,1	47,00	=-1.600.000	214	23	21
			16,4	96,0	4,69	0,09	0,8	7,4	46,00	=-1.600.000	138	23	28
MT820	Mutondo	São Gonçalo	24,8	24,0	1,77	0,16	2,2	7	35,00	=-1.600.000	225	21	25
			17,1	36,0	1,39	0,02	0,0	6,9	10,00	=-1.600.000	140	26	23
			18,8	20,0	1,87	12,43	0,0	6,8	5,90	=-1.600.000	220	24	25
			29,3	14,0	1,87	0,03	2,4	6,9	4,90	1.600.000	164	18	14
MT821	Mutondo	São Gonçalo	24,2	18,0	3,75	0,05	1,6	7,4	9,10	1.600.000	160	20	22
			24,8	16,0	2,02	2,63	1,4	7,1	37,00	=-1.600.000	203	23	20
			17,1	32,0	1,59	0,02	0,0	6,9	10,00	=-1.600.000	138	26	26
			18,5	24,0	1,82	12,08	0,0	6,8	4,8	=-1.600.000	221	25	26
MT821	Mutondo	São Gonçalo	27,6	16,0	1,87	0,12	2,0	6,9	6,60	1.600.000	154	17	14
			22,2	24,0	3,23	0,04	1,2	7,6	8,90	920.000	191	20	22
			18,7	36,0	2,32	0,76	1,0	7,0	44,00	=-1.600.000	289	22	21

PN180	Canal da Penha	Rio de Janeiro	31,0	32,0	0,28	1,38	1,0	6,8	23,00	=-1.600.000	164	27	29
			16,4	32,0	0,79	0,07	0,0	7,0	26,00	1.600.000	10.323	28	27
			13,0	52,0	2,35	-0,01	0,0	6,9	11,00	=-1.600.000	10.396	28	22
			14,2	60,0	0,93	-0,01	3,8	7,0	30,00	=-1.600.000	1.673	21	20
				24,0	1,36	0,01		7,3	78,00	=-1.600.000	13.335	22	20
			14,4	90,0	2,47	-0,01	0,0	7,5	29,00	=-1.600.000	7.317	22	29
			13,9	24,0	4,78	-0,01	0,0	7,0	16,00	=-1.600.000	137	27	28
			13,8	28,0	0,78	12,64	0,0	7,0	11,00	=-1.600.000	291	25	31
			18,1	32,0	2,61	0,10	1,0	6,8	4,20	=-1.600.000	183	26	21
			31,9	8,0	1,42	-0,10	2,4	7,1	14,00	1.600.000	216	21	18
PV981	Pavuna		32,0	20,0	1,40	1,15	0,5	7,0	29,00	=-1.600.000	158	25	22
			13,2	28,0	3,91	0,12	0,0	7	16,00	=-1.600.000	145	27	28
				28,0		14,41	0,0	6,8	9,60	=-1.600.000	251	26	31
			32,6	26,0	1,77	1,20	1,0	6,9	4,80	=-1.600.000	167	25	20
				20,0		-0,10	0,8	7	21,00	=-1.600.000	407	20	18
PV982	São João de Meriti		31,0	24,0	0,77	4,23	0,6	6,9	31,00	=-1.600.000	189	25	23
			54,0	6,0	0,07	0,82	5,4	6,9	9,00	13.000	20	27	26
			49,4	2,0	0,15	1,02	3,4	6,6	9,20	7.900	138	26	29
RN560	Roncador	Magé	59,3	<-2,0	0,05	0,40	7,4	6,6	4,90	7.900	76	18	22
			50,9	<-2,0	0,18	0,10	8,4	6,2	13,00	35.000	23	17	21
			46,4	8,0	0,15	0,78	4,8	6,5	6,70	23.000	97	23	21
			52,1	6,0	0,22	0,93	6,6	6,8	7,20	24.000	6	26	28
			44,4	13,0	0,13	0,24	5,8	6,8	4,10	45.000	172	24	29
SB998	Soberbo	Guapimirim	58,5	<-2,0	0,16	0,30	9,0	6,8	2,90	13.000	64	18	23
			61,2	<-2,0	0,02	-0,10	9,4	6,7	2,70	7.900	87	16	21
SB998	Soberbo	Guapimirim	49,1	4,0	0,1	1,55	6,8	7,1	8,90	160.000	161	22	21
SC420	Saracuruna	Duque de Caxias	40,7	8,0	0,07	0,86	4,0	6,7	13,00	240.000	40	26	28
			16,2	80,0	0,46	-0,01	0,0	6,4	21,00	350.000	646	24	29
			30,3	18,0	0,16	0,08	1,8	6,7	15,00	49.000	194	17	19
			39,6	2,4	0,18	-0,10	3,4	6,9	23,00	1.600.000	161	18	21
			16,9	96,0	0,69	-0,01	0,0	6,7	33,00	240.000	723	23	20
			16,2	44,0	0,7	0,02	0,0	7	50,00	=-1.600.000	443	27	29
			13,4	28,0	1,73	0,10	0,0	6,8	22,00	1.600.000	8.929	26	24
			14,8	48,0	2,69	0,05	0,0	7,1	15,00	920.000	1.496	28	23
			30,9	28,0	2,37	-0,10	2,0	7,2	77,00	=-1.600.000	887	20	20
			28,0	22,0	2,24	0,04	1,7	7,2	34,00	=-1.600.000	3.191	24	22
SJ220	São João de Meriti		13,2	48,0	2,09	0,06	0,0	7,2	62,00	=-1.600.000	295	27	30
			16,0	40,0	1,82	0,61	0,0	7,2	20,00	920.000	351	26	23
			13,8	32,0	2,64	0,7	0,0	7	10,00	1.600.000	267	28	24
			18,8	20,0	2,87	-0,10	2,0	7,1	36,00	540.000	180	20	19
			21,2	14,0	1,45	0,05	7,0	7,3	21,00	=-1.600.000	299	25	23
SP300	Sarapuí	São João de Meriti	14,4	44,0	5,9	-0,01	0,0	7,1	33,00	=-1.600.000	262	27	28
			16,9	28,0	2,11	16,81	0,0	7,1	12,00	540.000	291	26	31
			13,8	44,0	2,77	0,08	0,6	6,8	11,00	=-1.600.000	206	26	23
			23,4	28,0	2,1	-0,10	1,6	7,3	16,00	=-1.600.000	216	20	20
			22,4	28,0	1,71	-0,01	1,4	7,1	49,00	=-1.600.000	173	24	21
			16,4	32,0	1,61	-0,01	0,0	7,0	22,00	=-1.600.000	232	28	29
			16,8	28,0	2,01	16,63	0,0	7,1	9,60	=-1.600.000	329	29	31
			13,8	48,0	2,63	0,08	0,0	7,0	14,00	=-1.600.000	208	26	22
			22,0	16,0	2,01	-0,10	0,6	7,0	28,00	=-1.600.000	267	21	22
			14,8	60,0	2,8	0,94	0,0	7,3	27,80	=-1.600.000	311	22	29
SP305			16,3	32,0	1,73	-0,01	0,0	7	34,00	=-1.600.000	173	27	29
			14,8	40,0	1,47	17,16	0,0	7,1	17,00	=-1.600.000	264	26	31
			19,2	36,0	2,11	0,12	1,0	7,3	26,00	=-1.600.000	203	25	27
			24,6	24,0	1,65	-0,10	1,8	7,3	20,00	=-1.600.000	267	20	18
			24,8	20,0	1,28	10,70	1,9	7,2	24,00	=-1.600.000	177	25	21
SP307			42,5	5,0	0,3	1,57	5,0	6,6	8,50	=-160.000	40	26	34
			32,2	16,0	0,21	1,01	0,0	6,4	10,00	540.000	251	23	28
			39,4	13,6	0,24	0,10	5,6	6,6	9,40	540.000	159	17	19
			40,0	5,6	0,28	-0,10	4,6	6,7	27,00	=-1.600.000	118	18	21
			16,2	28,0	0,5	0,05	0,0	6,9	447,00	1.600.000	304	23	21
SP313			33,1	8,0	0,15	0,30	2,2	6,4	36,00	54.000	1.205	26	26
			40,1	4,0	0,40	1,09	2,4	6,7	8,90	13.000	4.120	26	27
			47,3	<-2,0	0,09	0,24	5,0	6,5	6,90	35.000	187	18	21
			50,8	<-2,0	0,09	-0,10	6,4	6,1	14,00	24.000	119	18	20
			30,3	7,0	0,29	0,28	1,6	6,6	14,00	160.000	3.741	24	20
SR400	Saracuruna	Duque de Caxias	13,9	80,0	1,78	0,17	2,8	7,8	43,00	=-1.600.000	187	27	28
			17,9	80,0	1,35	18,48	1,2	7,4	44,00	=-1.600.000	174	25	28
			30,9	64,0	3,06	0,09	2,6	7	49,00	=-1.600.000	219	24	22
			17,2	112,0	5,02	0,06	1,4	7,5	62,00	=-1.600.000	188	23	27
			26,3	16,0	1,5	-0,01	1,6	6,9	23,00	=-1.600.000	185	20	24
SR500	Surui	Magé	31,9	8,0	0,15	0,30	2,2	6,4	36,00	54.000	1.205	26	26
			40,1	4,0	0,40	1,09	2,4	6,7	8,90	13.000	4.120	26	27
			47,3	<-2,0	0,09	0,24	5,0	6,5	6,90	35.000	187	18	21
			50,8	<-2,0	0,09	-0,10	6,4	6,1	14,00	24.000	119	18	20
			30,3	7,0	0,29	0,28	1,6	6,6	14,00	160.000	3.741	24	20
TR060	Trapicheiro	Rio de Janeiro	13,9	80,0	1,78	0,17	2,8	7,8	43,00	=-1.600.000	187	27	28
			17,9	80,0	1,35	18,48	1,2	7,4	44,00	=-1.600.000	174	25	28
			30,9	64,0	3,06	0,09	2,6	7	49,00	=-1.600.000	219	24	22
			17,2	112,0	5,02	0,06	1,4	7,5	62,00	=-1.600.000	188	23	27

6.3. Dados brutos de amostragens e IQA_{NSF} consolidados de 2015 da RH V (Baía de Guanabara)

Obs: As faixas de cores da coluna IQA_{NSF} representam categorias da qualidade da água, conforme descrito no Anexo 6.1.

Estação de amostragem	Rio	Município	IQA _{NSF}	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) (mg.L ⁻¹)	Fósforo Total (PT) (mg.L ⁻¹)	Nitrato (NO ₃) (mg.L ⁻¹)	Oxigênio Dissolvido (OD) (mg.L ⁻¹)	Potencial Hidrogênico (pH)	Turbidez (T) (uT)	Coliformes Termotolerantes (NMP.10 ⁻² .mL)	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (mg.L ⁻¹)	Temperatura da água (°C)	Temperatura do ar (°C)
AC240	Acarí	Rio de Janeiro	23,8	180,0	3,74	0,01	0,0	7,0	87,00	> 1.600.000	258	28	30
			40,0	2,13		1,2	7,1	34,00	> 1.600.000	365	20	27	
AC241			16,8	40,0	3,62	0,02	0,6	7,2	26,00	> 1.600.000	278	25	25
			36,0	2,06		0,06	7,1	31,00	> 1.600.000	356	19	22	
AN738	Alcântara	São Gonçalo	22,8	26,0	3,64	0,02	2,0	7,9	8,20	> 1.600.000	321	24	27
AN740			28,5	4,0	3,78	0,04	1,6	7,3	11,00	> 1.600.000	272	25	27
AN741	Alcântara		18,7	16,0	3,31	0,03	0,0	7,4	49,00	> 1.600.000	250	25	23
AN750			28,0	20,0	2,95	0,02	1,2	7,6	25,00	> 1.600.000	267	26	27
BM760	Bomba		35,0	4,0	3,30	0,29	2,0	7,4	6,40	16.000	199	27	24
BT100	Bota	Belford Roxo	15,4	36,0	3,16	0,02	0,0	6,6	11,00	> 1.600.000	264	26	27
			40,0	1,73		0,0	7,2	35,00	> 1.600.000	356	20	24	
CB004	Caboclo	Duque de Caxias	14,8	64,0	4,50	0,01	0,0	7,3	35,00	> 1.600.000	273	26	29
			48,0	2,01		0,0	7,2	24,00	> 1.600.000	238	22	21	
CB005	Caboclo		18,8	64,0	4,28	0,02	0,0	7,2	36,00	> 1.600.000	262	26	29
CC620	Cacerbú	Iraborai	44,9	14,8	0,33	0,60	2,6	6,9	17,00	940	220	25	24
CC622		Guapimirim	34,6	12,0	0,69	0,05	1,2	7,0	11,00	3.500	673	25	26
CC625		Tanguá	29,0	22,0	1,43	0,22	1,4	7,0	23,00	> 1.600.000	172	25	24
CC630		Rio Bonito	66,9	3,2	0,04	0,13	8,2	7,3	14,00	2.200	93	22	22
CH025		Cachorros 1		23,8	9,2	4,59	<0,01	0,0	7,2	66,00	> 1.600.000	256	28
CH088	Cachorros 2			100,0	1,99		3,0	7,3	47,40	> 1.600.000	190	21	22
			14,1	72,0	3,76	<0,01	0,0	7,2	50,00	> 1.600.000	199	27	32
CM020	Compidão	Rio de Janeiro		120,0	2,63		1,6	7,2	102,00	> 1.600.000	224	22	21
			21,9	12,0	4,66	0,02	1,2	7,4	69,00	> 1.600.000	309	20	24
CN100	Canal do Cunha			68,0	2,69		2,4	7,6	24,00	> 1.600.000	220	21	18
			14,1	40,0	2,56	<0,01	0,0	6,7	30,00	> 1.600.000	1.322	25	27
FR142	Farias			48,0	1,42		0,0	7,0	45,00	> 1.600.000	1.806	22	21
			16,8	28,0	4,47	0,02	0,0	7,3	18,00	> 1.600.000	202	29	34
GP600	Guapi	Guapimirim		92,0	3,14		1,2	7,2	49,00	> 1.600.000	304	21	27
35,9			26,0	0,27	0,07	1,4	6,8	14,00	1.100	76	26	28	
GP601			47,1	24,0	0,07	0,29	3,8	6,9	14,00	790	63	26	27
GX720	Guaxindiba	São Gonçalo	28,8	4,0	3,93	<0,01	0,4	7,3	20,00	> 1.600.000	299	25	23
IA250	Iguaçu	Duque de Caxias	29,5	24,0	0,78	0,75	3,0	6,8	10,00	> 1.600.000	141	24	27
				8,0	0,48		4,2	7,2	9,10	> 1.600.000	272	20	24
IA260													
IA261													
IA262													
IB810	Imboassua	São Gonçalo	20,1	8,0	3,28	0,01	0,0	7,2	19,00	1.600.000	934	26	24
IJ200	Irajá	Rio de Janeiro	14,1	40,0	2,68	0,04	0,0	7,0	32,00	> 1.600.000	5.966	26	28
				40,0	1,56		0,0	7,2	34,00	> 1.600.000	9.256	22	21
IN450	Inhomirim	Magé	34,2	9,6	0,39	0,05	2,6	7,0	6,10	> 1.600.000	86	21	28
			8,0	0,35		3,4	7,3	4,10	240.000	103	18	28	
27,0			18,0	0,55	<0,01	1,2	7,0	11,00	> 1.600.000	75	22	26	
IR540	Iriní			12,0	0,66		1,0	7,2	4,10	> 1.600.000	95	18	26
			26,4	70,0	0,65	0,04	1,4	7,0	20,00	2.200	6.954	22	26
				4,0	0,12		2,8	7,4	8,20	450	12.328	16	27

JN820	Joana	Rio de Janeiro	20,8	4,0	4,54	<0,01	0,0	7,3	56,00	>1.600.000	229	23	24		
				144,0	4,78		1,8	7,7	83,00	>1.600.000	234	21	19		
MC965	Macacu	Cachoeiras de Macacu	49,3	5,4	0,04	0,16	8,6	6,6	1,40	1.300.000	22	22	26		
MC967			51,5	<2,0	0,09	0,29	8,0	7,5	6,20	>1.600.000	40	24	28		
MG580	Magé	Magé	22,8	100,0	9,64	<0,01	0,0	7,2	39,00	>1.600.000	558	24	26		
				80,0	5,61		0,0	7,6	136,00	>1.600.000	2.358	20	28		
MN000	Canal do Mangue	Rio de Janeiro	24,7	32,0	2,35	0,04	0,0	6,5	24,00	>1.600.000	2.790	25	27		
					32,0	1,56		0,0	7,0	28,00	>1.600.000	3.132	21	20	
MN001			26,1	24,0	1,27	0,21	2,0	6,7	12,00	>1.600.000	229	25	27		
				48,0	1,28		2,4	7,0	40,00	>1.600.000	207	22	20		
MR040	Maracanã	Rio de Janeiro	28,0	12,0	4,92	<0,01	0,0	7,4	85,00	>1.600.000	229	23	26		
					64,0	1,97		2,0	7,2	7,30	>1.600.000	176	21	18	
MR043	Maracanã	Rio de Janeiro	20,6	16,0	5,09	<0,01	1,0	7,4	93,00	>1.600.000	230	26	26		
				92,0	4,49		1,8	7,7	35,00	>1.600.000	208	21	19		
MT820	Mitondo	São Gonçalo	24,4	8,0	4,07	<0,01	0,8	7,2	22,00	>1.600.000	209	26	26		
MT821			22,7	28,0	3,14	<0,01	0,0	7,2	22,00	2.300	182	27	28		
PN180	Canal da Penha	Rio de Janeiro	24,9	44,0	2,45	<0,01	0,0	7,0	70,00	>1.600.000	9.572	25	28		
					36,0	1,23		0,0	7,2	43,00	>1.600.000	13.320	22	21	
PV981	Pavuna	Rio de Janeiro	20,5	20,0	2,01	<0,01	0,0	7,1	13,00	>1.600.000	188	27	25		
						28,0	1,71		0,8	7,0	12,00	>1.600.000	282	20	23
PV982		São João de Meriti	28,8	20,0	4,04	0,09	0,0	7,1	13,00	>1.600.000	198	26	25		
				36,0	1,33		0,8	7,0	18,00	>1.600.000	295	20	22		
RN560	Roncador	Magé	47,1	4,4	0,06	0,22	6,8	7,0	15,00	230.000	54	20	26		
				3,0	0,20		4,6	7,2	42,00	7.900	156	18	27		
SB998	Soberbo	Guapimirim	46,2	7,0	0,18	0,11	8,0	6,6	3,80	79.000	135	18	27		
				4,0	0,26		5,0	7,4	2,47	28.000	98	17	28		
SR400	Saracuruna	Duque de Caxias	26,1	26,4	0,27	0,01	1,6	6,9	15,00	>1.600.000	80	22	28		
						12,0	0,38		2,4	7,5	10,00	350.000	146	18	25
SC420			27,4	20,0	1,02	0,01	2,0	7,9	11,00	1.600.000	191	22	25		
				12,0	0,42		1,4	7,4	10,00	1.600.000	160	18	26		
SJ220	São João de Meriti	Rio de Janeiro	26,0	28,0	3,71	<0,01	0,0	7,2	24,00	>1.600.000	1164	26	28		
					48,0	1,67		0,0	7,2	26,00	>1.600.000	2174	20	22	
SP300	Sarapuí	São João de Meriti	29,0	44,0	3,26	0,02	0,0	7,2	28,00	<1.600.000	298	26	28		
						40,0	2,45		0,0	7,2	24,00	>1.600.000	301	21	20
SP305					26,0	48,0	2,87	<0,01	0,0	6,6	5,70	>1.600.000	228	26	26
						36,0	1,44		0,0	7,1	32,00	>1.600.000	335	20	24
SP307					20,0	16,0	2,95	0,01	0,0	7,3	14,00	>1.600.000	270	27	28
						52,0	2,68		0,6	7,2	62,00	>1.600.000	931	20	28
SP313			22,8	8,0	3,07	<0,01	0,0	7,2	10,15	>1.600.000	226	26	26		
				44,0	2,30		0,0	7,1	38,70	>1.600.000	310	20	23		
SR500	Surui	Magé	25,8	12,8	0,29	0,05	0,8	6,8	14,00	540.000	857	22	26		
				4,0	0,16		2,0	7,2	8,60	240.000	4.424	18	24		
TR060	Trapicheiro	Rio de Janeiro	21,8	12,0	4,45	<0,01	1,0	7,4	77,00	>1.600.000	249	25	26		
				60,0	1,85		1,4	7,2	50,00	>1.600.000	371	21	18		