

## QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BAÍA DE GUANABARA E SUA BACIA HIDROGRÁFICA

A Baía de Guanabara tem uma área de 384 km<sup>2</sup> e a sua bacia hidrográfica compreende uma área de aproximadamente 4.080 km<sup>2</sup> que cobre parcial e completamente 16 municípios. Com uma população de aproximadamente 8.6 milhões de pessoas e contendo o segundo maior parque industrial do país são produzidos efluentes domésticos e industriais que contribuem com uma carga diária de cerca de 470 toneladas de DBO para a Baía. De acordo com a FEEMA (atualmente o INEA), além das 6.000 indústrias, duas refinarias e dois portos, existem muitos estaleiros e terminais da indústria de óleo e gás que contribuem com a grande carga de efluentes também. A Baía também recebe o aporte de água doce de aproximadamente 55 rios, e dentre eles, 35 rios possuem uma vazão estimada de 25 m<sup>3</sup>/s. A Baía possui 53 praias interiores e nenhuma atende aos critérios de balneabilidade. Apesar de ser um dos ecossistemas mais notórios do Brasil, é evidente a falta de informações ou até a existência de dados contraditórios sobre as condições ambientais da Baía de Guanabara. Esse problema é um reflexo da insuficiência de análises de tendência sobre a qualidade da água ao longo do tempo, intensa presença de fontes de poluição atmosférica e aquática, e falta de informações mais consistentes sobre as vazões dos rios e dados sobre a precipitação e escoamento superficial (PETROBRAS, 2012).

### ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

#### OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

O oxigênio dissolvido é um dos indicadores ambientais mais representativos na avaliação da corpos hídricos. A concentração de de oxigênio dissolvido é um indicador primário da qualidade das águas (SACHETTO, 2012). Oxigênio dissolvido é quantidade de oxigênio presente na água. Os corpos hídricos produzem e consomem oxigênio. Fontes de oxigênio são a atmosfera e a fotossíntese realizada pelas plantas aquáticas e algas. Em contrapartida, processos como a decomposição, respiração animal e reações químicas consomem oxigênio. Quando a taxa de consumo é maior que a taxa de produção, os níveis de oxigênio dissolvido decrescem afetando espécies sensíveis e o equilíbrio do ecossistemas (EPA, 2015; JONES, 2001).

A presença de grandes cargas de esgotos na água pode afetar os níveis de OD, especialmente porque a matéria orgânica é decomposta por microorganismos que usam oxigênio a respiração aeróbica. A temperatura e a altitude também influenciam os níveis de OD nos corpos hídricos também. Águas mais geladas retêm mais oxigênio do que águas mais quentes, e em altitudes mais elevadas mais oxigênio é retido. Em virtude da variação de OD com a temperatura, lançamentos térmicos de efluentes pelas indústrias podem ocasionar depleção de oxigênio nas águas. Indústrias de produção de energia e fábricas, onde a água é usada para resfriamento de equipamento, descarregam água em

temperaturas mais elevadas no corpos d'água e conseqüentemente com menor concentração de oxigênio dissolvido (EPA, 2015).

Águas oceânicas geralmente possuem mais oxigênio e de acordo com cientistas da Chesapeake Bay Program em Maryland no EUA, além da presença de matéria orgânica, poluição por excesso de nutrientes, e temperatura, o fluxo de águas e o formato da Baía também podem influenciar os níveis de OD. Águas interiores vindo do continente são doces mais quentes enquanto águas fluindo do oceano são mais salinas e frias, e devido a essas diferenças em densidade, as águas dos rios tendem a ficar em cima das águas do oceano. Essa dinâmica na troca de águas na Baía podem criar zonas com pouco oxigênio ou até zonas completamente mortas, no fundo da Baía. O formato da Baía pode afetar os níveis de OD porque o fundo geralmente é uniforme podendo possuir áreas mais rasas ou mais fundas, o que influencia na concentração de oxigênio (CHESAPEAKE BAY PROGRAM, 2015).

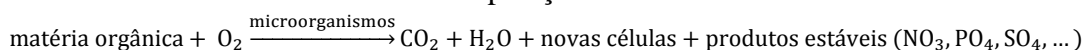
#### DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é uma medida aproximada da matéria orgânica contida em uma amostra e que pode ser bioquimicamente degradada. DBO é definido como a quantidade necessária de oxigênio para os microorganismos aeróbicos presentes na amostra serem capazes de oxidar a matéria orgânica em tipos orgânicos ou inorgânicos mais simples (SACHETTO, 2012).

Quando matéria orgânica biodegradável é lançada em um corpo d'água, microorganismos, especialmente bactérias, se alimentam desses resíduos, quebrando-os em outras substâncias. Quando essa decomposição acontece na presença de oxigênio (ambientes aeróbicos), o oxigênio consumido pelos microorganismos no processo é chamado de Demanda Bioquímica de Oxigênio (MASTERS, 1997; DAVIS & CORNWELL, 2008).

A decomposição aeróbica tem produtos finais estáveis e não-desagradáveis, tais como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sulfatos (SO<sub>4</sub>), ortofosfatos (PO<sub>4</sub>), e nitratos (NO<sub>3</sub>), como pode ser observado na seguinte representação:

#### Decomposição aeróbica



Nos casos nos quais a disponibilidade de oxigênio não é suficiente para a decomposição aeróbica, a decomposição pode ser conduzida por microorganismos diferentes através de um processo anaeróbico. Os produtos finais da decomposição podem ser altamente desagradáveis, incluindo sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), amônia (NH<sub>3</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) (MASTERS, 1997). O processo anaeróbico é representado da seguinte forma:

## Decomposição anaeróbica

matéria orgânica  $\xrightarrow{\text{microorganismos}}$   $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{novas células} + \text{produtos instáveis (H}_2\text{S, CH}_4, \text{NH}_3, \dots)$

O metano produzido é fisicamente estável, biologicamente degradável e um potente gás causador do efeito estufa. Quando emitido por corpos d'água, é chamado de gás dos pântanos. O metano também é gerado nos ambientes anaeróbicos do aterros sanitários (MASTERS, 1997).

Quando analisado nas águas dos rios, os resultados do parâmetro DBO indicam condições de poluição relacionadas à grande presença de matéria orgânica, seja de origem doméstica ou industrial. A DBO pode atingir condições onde é completamente alta atingindo o ponto no qual todo o oxigênio dissolvido é consumido, criando morte das espécies subaquáticas que necessitam de oxigênio para a respiração aeróbica. Portanto, a DBO é um parâmetro fundamental para a caracterização do conteúdo poluidor dos corpos d'água (SACHETTO, 2012).

## FÓSFORO TOTAL

Fósforo e nitrogênio são ambos importantes para os ecossistemas aquáticos e constituem nutrientes essenciais para plantas e animais que compõem a cadeia alimentar aquática. Porém, em altas concentrações o fósforo pode se tornar um poluente que contribui para a saúde ambiental precária da Baía. Altas concentrações de fósforo podem causar crescimento de plantas, proliferação de lagas, baixas condições de oxigênio dissolvido, e a morte de certas espécies.

Enquanto geralmente existem fontes naturais suficientes para suprimento de nitrogênio para promover crescimento de algas e vegetação subaquática, não existem muitas fontes disponíveis de fósforo na natureza, e portanto o fósforo tende a ser o nutriente controlador em rios e lagos (MASTERS, 1997). Fontes naturais de fósforo incluem rochas, solos e decomposição, enquanto fontes antrópicas incluem estações de tratamento de águas, escoamento proveniente de águas agrícolas, pântanos de drenagem, áreas de criação e armazenamento de dejetos animais, fossas sépticas e poluição do ar (CHESAPEAKE BAY PROGRAM, 2015; EPA, 2015). No esgoto, parte do fósforo vem das fezes humana e parte dos detergentes. Estações de tratamento de esgotos usualmente não removem de forma eficiente o fósforo, portanto, o método mais simples de controlar os lançamentos é reduzindo a quantidade de fósforo que chega nas unidades de tratamento, e o melhor jeito de fazer isso é através da redução do limite de fósforo usado em detergentes. O fósforo em detergentes se encontra geralmente na forma de tripolifosfato de sódio (STP) que facilmente se converte em ortofosfato na presença de água. Ortofosfato é a forma do fósforo que está diretamente apropriada para o uso pelas plantas, e portanto, imediatamente atua como fertilizante ao ser lançado. A preocupação com os seus efeitos para o meio ambiente causaram uma redução de fósforo usado na produção de detergentes (MASTERS, 1997).

Fósforo total inclui todas as formas de fósforo, tais como orgânico, inorgânico, dissolvido e particulado. Fósforo elementar é raro e na natureza geralmente ocorre em parte de molécula orgânica ou inorgânica de fosfato ( $\text{PO}_4$ ).

#### NITROGÊNIO TOTAL/NITRATOS

Como o fósforo, o nitrogênio também é um nutriente de grande preocupação ambiental porque em excesso é responsável pelo enriquecimento de nutrientes em corpos hídricos, conhecido como eutroficação. Todos os organismos vivos precisam de nutrientes para crescer e os nutrientes devem estar presentes nos corpos d'água para promoverem a cadeia alimentar. Porém, quando em excesso há um distúrbio na cadeia alimentar natural pois alguns organismos se proliferam às custas de outros. É o caso das algas, que se proliferam rapidamente com o excesso de nutrientes e ao morrerem sedimentam para o fundo da Baía acumulando material que requer grande demanda de oxigênio para ser decomposto (DAVIS & CORNWELL, 2008).

Nitrogênio é essencial para todos os organismos vivos como um importante componente das proteínas, incluindo o material genético. Plantas e microorganismos convertem nitrogênio inorgânico em outras formas de nitrogênio. No meio ambiente, nitrogênio inorgânico ocorre em intervalos de oxidação. Nitrogênio pode ser encontrado na forma de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ). Chuva, materiais alóctones e fixação de nitrogênio molecular nos ambientes aquáticos correspondem às principais fontes de nitrogênio nos corpos d'água. Dentre as fontes antrópicas se destacam os lançamentos de esgotos, efluentes industriais, excrementos animais, fertilizantes e deposição atmosférica intensificada pela atividade industrial (MASTERS, 1997; SACHETTO, 2012). Em corpos d'água a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode dar informação sobre o status da poluição. Compostos de nitrogênio inorgânico ou forma amoniacal refere-se à poluição recente, enquanto nitritos e nitratos remetem à poluição remota (SACHETTO, 2012).

O nitrogênio não é só capaz de contribuir para o problema da eutrofização mas também quando encontrado em água para consumo humano em formas específicas pode significar sérios riscos para a saúde pública. Nitrogênio na água é comumente encontrado na forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ), que não é tóxica. Porém, certas bactérias encontradas no trato intestinal de crianças podem converter nitratos em nitritos ( $\text{NO}_2$ ). No organismo, hemoglobina na corrente sanguínea possui muito mais afinidade por nitritos do que pelo oxigênio, levando a um quadro conhecido como metemoglobinemia. A condição causa uma descoloração azulada na criança, referida como síndrome do bebê azul. Mesmo que após os seis meses de vida o sistema digestivo do bebê já seja suficientemente desenvolvido para prevenir a síndrome, em alguns casos extremos a síndrome pode causar por morte por asfixia (MASTERS, 1997).

## TEMPERATURA AR/ÁGUA

A temperatura pode afetar fisicamente e quimicamente os processos biológicos que ocorrem nos corpos hídricos, influenciando na concentração de diversas variáveis. Um aumento na temperatura está relacionado com uma taxa maior de reações químicas além de evaporação e volatilização de substâncias presentes na água. Um aumento na temperatura também causa uma redução na solubilidade de diversos gases presentes na água, tais como O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e outros. A taxa metabólica de organismos aquáticos também está relacionada com a temperatura, geralmente em águas mais quentes a taxa de respiração aumenta causando um maior consumo de oxigênio e decomposição de matéria orgânica (SACHETTO, 2012).

## POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

O pH é uma variável importante a ser monitorada pois interfere nos processos químicos e biológicos em um corpo hídrico. O pH é uma medida da acidez de uma solução e sua escala varia de 0, muito alcalina, até 14, muito ácida, e um pH 7 significa estado neutro. O pH varia de acordo com os compostos químicos dissolvidos e os processos bioquímicos ocorrendo no corpo d'água (SACHETTO, 2012).

Em águas despoluídas o pH é principalmente controlado pelo equilíbrio entre dióxido de carbono, íons carbonato e bicarbonat, bem como outros compostos naturais, tais como ácidos húmicos e fúlvicos. O equilíbrio ácido-base natural de um corpo hídrico pode ser afetado por efluentes industriais e deposições atmosféricas de substâncias formadoras de ácidos (SACHETTO, 2012).

Mudanças no pH podem indicar a condutividade e a presença de certos efluentes no corpo d'água. A variação no curto período de tempo pode ser causada pela fotossíntese e respiração das algas em águas eutróficas. Geralmente, o pH de águas naturais se enquadram dentro da faixa de 6,0 a 8,5, porém, pH menor pode ocorrer em águas com grande conteúdo de matéria orgânica e maior pH pode ocorrer em águas eutróficas, salmouras subterrâneas e lagos salinos (SACHETTO, 2012).

## COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECAIS)/COLIFORMES TOTAIS

Água para consumo e usos recreacionais devem estar livre de organismos que causam doenças. Esse patogênicos incluem vírus, bactérias, protozoários e helmintos. Alguns patógenos que causam doenças em pessoas originam de lançamentos de esgoto ou fezes de indivíduos infectados. Outros originam de lançamentos de fezes de animais. Infelizmente organismos específicos presentes nas águas e que transmitem doenças não são fáceis de identificar, porque as técnicas de identificação podem ser complexas, caras e demoradas. Foi necessário então desenvolver testes que indicassem o grau relativo de contaminação em termos de valores facilmente definidos. Atualmente, o teste mais usado

é para a determinação do número de bactérias do grupo coliforme em uma amostra. Esse grupo inclui basicamente dois gêneros, *Escherichia coli* e *Aerobacter aerogenes*. *E. coli* são habitantes comuns do trato intestinal humano e animal enquanto *Aerobacters* são comuns nos solos, folhas e grãos. O teste para esses microorganismos é disseminado amplamente por quatro razões principais (DAVIS & CORNWELL, 2008):

1. Os organismos do grupo coliforme normalmente habitam o trato intestinal dos seres humanos e outros mamíferos. Portanto, a presença de coliformes é um indicativo de contaminação fecal;
2. Mesmo em indivíduos com doença aguda, o número de organismos do grupo coliforme excretado nas fezes supera por várias ordens de grandeza o número de organismos que transmitem doenças. O grande número de coliformes torna a sua cultura mais fácil do que a cultura de organismos causadores de doenças;
3. Os coliformes conseguem sobreviver em águas naturais por períodos de tempo relativamente grandes, mas eles não se reproduzem efetivamente nesses ambientes. Portanto, a presença de coliformes na água implica em contaminação fecal ao invés de crescimento de organismos devido a favorabilidade do ambiente de reprodução. Esses organismos também sobrevivem mais do que a maioria dos patógenos bacterianos, o que significa que a ausência de coliformes é razoavelmente um indicador seguro de que patógenos não estão presentes;
4. A cultura de coliformes é relativamente mais fácil. Portanto os laboratórios podem realizar os testes sem equipamentos caros (DAVIS & CORNWELL, 2008).

Coliformes termotolerantes são um importante indicador de contaminação fecal para uma caracterização e avaliação geral da qualidade das águas. A presença de coliformes termotolerantes em um corpo hídrico sugere que o meio recebeu matéria fecal ou esgotos (SACHETTO, 2012).

A bactéria *E. coli* representa o único grupo que fornece garantia exclusiva de contaminação fecal, porém não exclusivamente contaminação fecal humana. *E. coli* foi recomendada como indicador fecal por várias organizações, tais como, a *American Public Health Association* (APHA) e a Organização Mundial da Saúde (WHO) (SACHETTO, 2012). Esse parâmetro indica contaminação fecal e representa o potencial do corpo hídrico em transmitir doenças. Altos níveis de coliformes nas águas estão associados com a ineficiência dos sistemas de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgotos (SACHETTO, 2012).

#### TURBIDEZ

A turbidez é a medida da transparência do corpo d'água e está relacionada principalmente aos processos erosivos e a sedimentação que impactam rios e lagos. Sedimentação pode mudar a estrutura física dos habitats, causar estresse nos organismos aquáticos, abafar macroinvertebrados e aumentar a turbidez. Além da sedimentação, a erosão do solo e erosão das faixas marginais dos rios, uma alta turbidez também pode ser

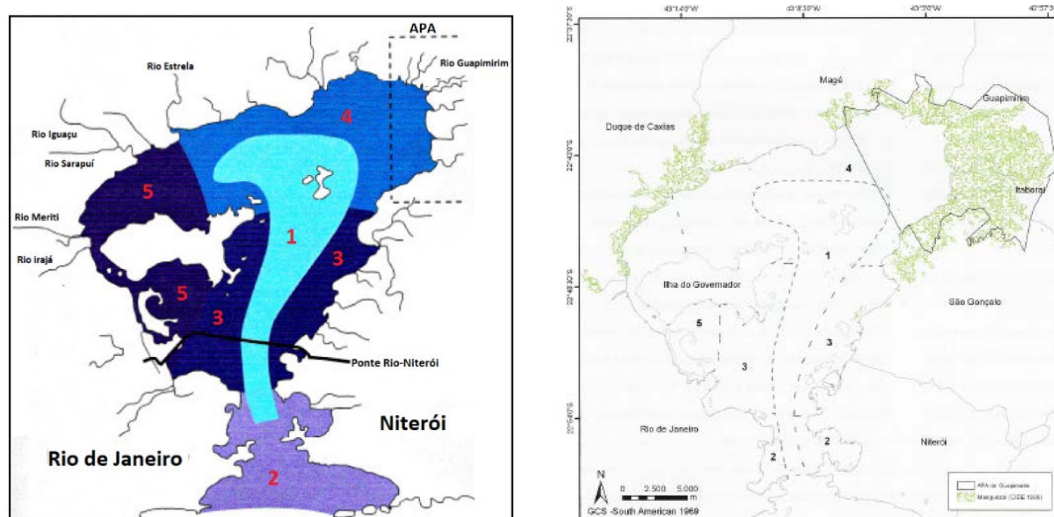
causada pelo lançamento de esgotos, escoamento de águas superficiais, plantações e práticas florestais, e intensa proliferação de algas. A medida da turbidez é na verdade a medida da quantidade de sólidos e partículas suspensas na água. O material suspenso pode ser composto por argila, areia, partículas inorgânicas e orgânicas, compostos orgânicos solúveis, plânctons e outros organismos microscópicos (SACHETTO, 2012).

Além da degradação estética, uma alta turbidez pode afetar a quantidade de oxigênio nas águas, basicamente de duas formas. A primeira é limitando a penetração da luz e restringindo o processo de fotossíntese por parte das plantas subaquáticas e consequentemente afetando a reposição de oxigênio. A segunda é em virtude da maior quantidade de partículas sólidas absorverem mais calor o que aumenta a temperatura da água diminuindo solubilidade do oxigênio (SACHETTO, 2012; EPA, 2015). Algumas vezes quando o material suspenso sedimenta para o fundo de um corpo hídrico ele pode bloquear as brânquias de alguns peixes ou até mesmo esmagar os ovos e outros organismos menores (EPA, 2015).

#### A QUALIDADE DAS ÁGUAS NO ESPELHO D'ÁGUA DA BAÍA DE GUANABARA

Para melhor entender a Baía de Guanabara, o seu espelho d'água pode ser dividido em cinco regiões distintas conforme suas características hidológicas, como mostrado na Figura 7.1. Na Figura 7.1, a região 1 é o canal de circulação principal e nessa área são observadas melhores condições ambientais devido as contribuições das águas oceânicas. A troca de águas entre a Baía e o oceano também é grande na região 2, a entrada da Baía. Porém, essa região possui algumas enseadas sujeitas à intensa poluição orgânica originada de dois grande centros urbanos, muito desenvolvidos e populosos, o Rio de Janeiro do lado oeste e Niterói no lado leste. A região 3 está relacionada com a degradação ambiental porque recebe esgotos domésticos, lançamento de efluentes industriais e poluição por óleos originada nos portos e da grande concentração de estaleiros. A região 4, nordeste da Baía, é influenciada por rios menos poluídos e mais naturais, como os rios Caceribu e o Guapimirim. A região 4 também está associada à Área de Preservação Ambiental de Guapimirim (APA Guapimirim) e a Estação Ecológica da Guanabara (ESEC Guanabara), que contêm um dos poucos manguezais preservados da Baía atuando como zona de amortecimento. A região 5, o noroeste da Baía de Guanabara, mostra-se com um nível avançado de deterioração pela presença de diversas fontes poluidoras, grande taxa de urbanização, assoreamento e aterramento do espelho d'água, que contribuiu para a circulação deficiente das águas nessa região (OLIVEIRA, 2009).

FIGURA 7.1. DIVISÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA



Fonte: MAYR et al., 1988

Considerando os padrões espaciais, o gradiente de poluição norte/sul é função das características estuarinos da Baía, e é um reflexo das contribuições continentais no norte e oceânicas no sul, assim como as mudanças na salinidade. Nas regiões interiores da Baía, devido à grande influência dos rios, poluídos em sua maioria, são observados grandes níveis de temperatura, sólidos suspensos, fosfatos, fósforo total, amônia, nitritos, silicatos, clorofila-a e coliformes fecais e totais, assim como baixos níveis de oxigênio dissolvido, pH, nitratos e transparência da água. Em contrapartida, na entrada da Baía são observadas melhores condições em virtude da influência da maré. Na desembocadura da Baía são observados valores mais altos para salinidade, oxigênio dissolvido, pH, nitratos e transparência da água, assim como níveis menores de temperatura, sólidos suspensos, fosfatos, fósforo total, amônia, silicatos, nitritos, clorofila-a e coliformes totais e fecais. Uma vez que as águas na região sul da Baía apresentam indicadores de poluição em níveis aceitáveis, em algumas situações as águas dessa região são mais frequentemente enquadradas como águas salinas Classe II de acordo com os padrões do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (PETROBRAS, 2012). De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, águas salinas classificadas como Classe II são apropriadas para recreação de contato secundário e à pesca amadora. Os padrões da Resolução CONAMA 357/2005 para as águas doces, salinas e salobras estão retratados na Tabela A no Anexo-1.

O gradiente de poluição leste/oeste na Baía é um reflexo da urbanização nas áreas costeiras da Baía. A cidade do Rio de Janeiro polarizou o desenvolvimento na região a oeste da Baía onde várias áreas do espelho d'água foram aterradas para promover o crescimento territorial da cidade, o que acabou por comprometer a circulação hidrodinâmica no lado oeste da Baía. A urbanização descontrolada na porção oeste foi responsável por um crescimento significativo na carga de efluentes industriais e domésticos precisamente nas áreas da Baía que mais drasticamente perderam a capacidade para diluir esses resíduos por conta de mudanças na circulação das águas. Na



região oeste da Baía de Guanabara, sob a influência dos municípios de Duque de Caxias, Rio de Janeiro, São João de Meriti, Nilópolis e Belford Roxo, são observados os piores valores para os indicadores de poluição. O lado oeste é caracterizado por altos valores de fosfatos, fósforo total, amônia, nitritos, clorofila-a, e coliformes fecais e totais, e baixos valores para oxigênio dissolvido. Em contrapartida, o lado leste da Baía, sob a influência dos municípios de São Gonçalo e Niterói, e da APA Guapimirim, possui melhores valores para os indicadores de poluição. Porém, mesmo as condições ambientais sendo um pouco melhores na área leste da Baía, a situação é alarmante, porque atualmente São Gonçalo é uma das cidades mais populosas do país e a região leste está sob a pressão do crescimento populacional e industrial em virtude da implementação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), em Itaboraí (PETROBRAS, 2012). Por conta disso, o lado leste da Baía ainda precisa de melhorias em vários aspectos ambientais para acabar não se tornando o que a região oeste da Baía se tornou ao longo do tempo.

As faixas de alguns parâmetros específicos de qualidade da água para áreas diferentes da Baía de Guanabara podem ser observadas na Tabela 3.3, que é baseada em dados contidos em vários estudos conduzidos na Baía ao longo dos últimos anos. As informações foram compiladas de estudos que se deram de 1947 a 2007 e que foram divulgados pela Petrobras em 2012 através do livro Baía de Guanabara: Síntese do Conhecimento Ambiental lançado em 2012.

TABELA 3.3. FAIXAS DOS VALORES PARA ALGUNS INDICADORES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS EM DIFERENTES REGIÕES DA BAÍA DE GUANABARA, BASEADOS EM VÁRIOS ESTUDOS DATADOS DE 1947 A 2007.

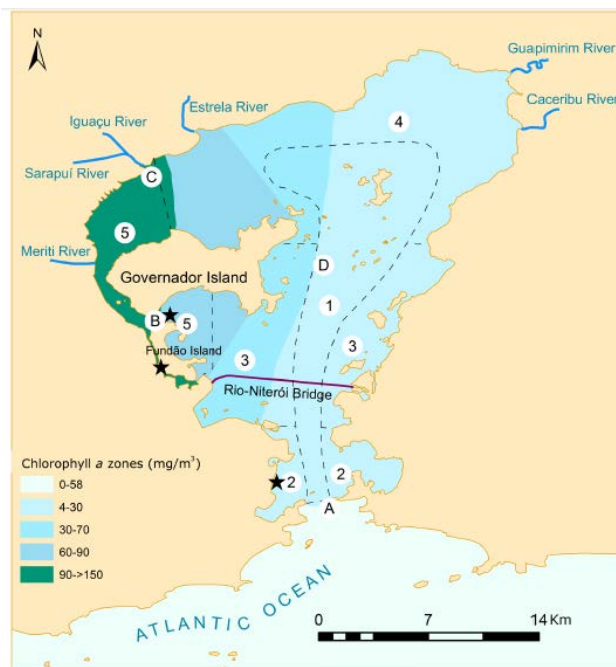
Variável	Entrada	Oeste	Leste
Temperatura (°C)	16 - 28	20 - 33	20 - 33
Salinidade (UPS)	23 - 37	11 - 33	11 - 34
Oxigênio dissolvido (mL L <sup>-1</sup> )	2,5 - 9,0	<0,1 - 13,0	<0,1 - 10,5
Amônia (µM N-NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<0,1 - 80	<0,1 - 475	<0,1 - 35
Nitritos (µM N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<0,1 - 6,5	<0,1 - 11,0	<0,1 - 7,0
Nitratos (µM N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<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 <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	<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 <sup>-1</sup> )	<0,1 - 91	<0,1 - 550	<0,1 - 370

Fonte: Petrobras, 2012.

FISTAROL et al. (2015), também compilou dados importantes sobre parâmetros da qualidade das águas para quatro diferentes áreas da Baía. Os parâmetros e suas faixas de valores, de acordo com o estudo, estão mostrados na Tabela 3.4. As quatro áreas analisadas estão retradas na Figura 7.1 através das letras A, B, C e D; ponto A é localizado na entrada da Baía, os pontos B e C estão localizados na porção noroeste da Baía, e o

ponto D está no canal central. Nota-se que as regiões 1, 2, 3, 4, e 5 na Figura 7.2, são as mesmas regiões destacadas na Figura 7.1, e o mapa também mostra o gradiente de clorofila-a pela Baía.

FIGURA 7.2. MAPA DA BAÍA DE GUANABARA MOSTRANDO OS PONTOS DE AMOSTRAGEM (A-D) CUJOS OS DADOS DO MONITORAMENTO ESTÃO NA TABELA 3.4.



Fonte: FISTAROL, 2015.

O mapa também mostra o gradiente de clorofila-a na Baía e as regiões hidrodinâmicas, de acordo com a Figura 7.2. Nos locais marcados com uma estrela foi observada a presença de bactérias resistentes.

TABELA 3.4. DIFERENÇAS NOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS PARA QUARTO REGIÕES DISTINTAS DA BAÍA DE GUANABARA: (A) NA ENTRADA DA BAÍA, (B) E (C) NO NOROESTE DA BAÍA, E (D) NO CANAL CENTRAL.

Parâmetro	Locais dos pontos de amostragem			
	A	B	C	D
Total N ( $\mu\text{M}$ )	0,6 - 68,3	5 - 346,3	-	50,9 $\pm$ 26,3
Total P ( $\mu\text{M}$ )	0,05 - 7,4	0,2 - 26,4	-	2,7 $\pm$ 1
Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0 - 58,2	7,2 - 483,5	> 125	19 $\pm$ 15,6
Vibrio	171,53 $\pm$ 164,19	4508,15 $\pm$ 4825,66	-	199,27 $\pm$ 262,8
DO (mg/L)	0,28 - 3,97	-	-	8,76
Coliformes fecais (NMP $10^3/100$ ml)	0,206 $\pm$ 0,17	132,53 $\pm$ 239,8	41,08 $\pm$ 56	1,05 $\pm$ 3,32
Salinidade	32	-	21	34,4

T (°C)	22	26	25	21,1
Sólidos suspensos	-	> 25	-	-

Fonte: FISTAROL et al., 2015.

Além do ponto de vista especial, a qualidade das águas da Baía também pode mudar com o tempo. A variação temporal da qualidade da água está principalmente relacionada com a influência das marés e padrões de precipitação observados na região da Baía. Temporada de chuvas ocorre de outubro a abril, sendo dezembro e março os meses com as mais altas taxas de precipitação e a temporada seca se estende de maio a setembro, e julho e agosto são os meses com menor taxa de precipitação. Na temporada úmida, durante o verão, são observados níveis mais baixos de salinidade e maiores temperaturas das águas, o que completamente relacionado aos maiores escoamentos de água superficiais provenientes das sub-bacias que drenam para a Baía de Guanabara. Nesse período chuvoso grandes variações nos parâmetros, tais como salinidade e temperatura, são observadas ao longo da coluna d'água, caracterizando uma significativa estratificação quando comparados o fundo e a superfície. Em contrapartida, na temporada seca não há variações significantes entre as camadas do fundo e superfície e, portanto, a coluna d'água é basicamente homogênea. Então, os padrões de estratificação da coluna d'água para salinidade e temperatura observados em períodos diferentes do ano também são acompanhados de variações em outros parâmetros de qualidade das águas. Os períodos mais quentes do ano, durante o verão, também são caracterizados por uma atividade biológica mais intensa, representada pelos níveis mais altos de clorofila e uma maior reprodução bacteriana nas águas da Baía (PETROBRAS, 2012).

Como confirmado pelos valores na Tabelas 3.3 e 3.4, a Baía de Guanabara apresenta sérios problemas de poluição e eutrofização, nos quais o primeiro sinal de deterioração é a pouca transparência das águas da Baía. A grande carga bacteriana, de matéria orgânica e nutrientes está contribuindo para intensificar o processo de deterioração ambiental do ecossistema da Baía de Guanabara, especialmente nas porções oeste e noroeste do estuário, que são regiões que já apresentam estado crítico de poluição. Os problemas se dão principalmente pela alta concentração de bactérias do tipo coliforme, Demanda Bioquímica de Oxigênio, fósforo, nitrogênio e clorofila-a (que caracteriza a biomassa de algas), assim como níveis baixos de transparência e oxigênio dissolvido (OD) (LIMA, 2006).

Nos últimos 30 anos, a deterioração da qualidade da água em termos de DBO, coliformes e clorofila-a ocorreu mais significativamente no nordeste da Baía, que, apesar disso, ainda possui qualidade de água melhor que as áreas a oeste e a noroeste. A zona mais crítica no noroeste é o Canal do Cunha, entre Ramos e o Canal do Fundão, que é uma área consideravelmente assoreada e que recebe grande carga de lixo (SCHEEFER, 2001; SILVA, 2001). Os canais entre as ilhas do Governador e do Fundão e o continente possuem a pior qualidade das águas, com oxigênio dissolvido abaixo de 1 mg/L, BOD de até 50 mg/L, altas concentrações de nutrientes, como o fósforo e nitrogênio, e de

coliformes fecais. A poluição nessa área se dá em virtude dos significativos lançamentos de esgotos brutos ou parcialmente tratados e efluentes provenientes das indústrias e comunidades de baixa renda concentradas na região norte da cidade do Rio de Janeiro. Essa área também recebe carga poluidora considerável das indústrias e novas áreas residenciais e de ocupação irregular da Baixada Fluminense, consistindo na cidade de Duque de Caxias, São João de Meriti, Belford Roxo, Nilópolis, Mesquita e Nova Iguaçu (LIMA, 2006). Apenas a parte sul da Baía foi beneficiada com investimentos passados no sistema de coleta e tratamento de esgotos, principalmente após a instalação do emissário submarino de Ipanema (LIMA, 2006).

No geral, os níveis de OD na Baía são considerados aceitáveis com maior frequência, porém a proliferação de algas cresceu significativamente (influenciando as condições de OD também), promovendo níveis de clorofila maiores que 200 µg/L, o que ameaça o frágil ecossistema principalmente na região nordeste. O nordeste da Baía é a área mais rica em relação às espécies aquáticas e é uma área muito importante pela presença de grande área de manguezais preservados. Esses manguezais constituem a base e hospedam inúmeras cadeias alimentares estuarinas, representando papel fundamental na manutenção da biodiversidade e produção ecológica na Baía de Guanabara (LIMA, 2006). Outro aspecto relacionado a degradação das águas da Baía de Guanabara são as altas concentrações de fósforo e nitrogênio e o acúmulo de metais pesados nos sedimentos de áreas específicas. Sedimentos contaminados resultam no contínuo reciclo desses contaminantes para a coluna d'água, mesmo após redução nos lançamentos desses contaminantes. As concentrações de metais pesados são maiores nos sedimentos do noroeste da Baía, perto das desembocaduras dos rios Sarapuí, São João de Meriti e Iguaçu, decrescendo em direção ao canal central e a entrada da Baía (LIMA, 2006). Mais informações sobre a presença de metais na Baía de Guanabara se encontra na seção 4 deste documento.

Muitas fontes difusas e pontuais de poluição são identificadas como responsáveis pela deterioração das águas da Baía de Guanabara, em função da urbanização e desenvolvimento industrial, como resumido na Tabela 3.5. Como pode ser visto na Tabela 3.5, entre as fontes pontuais se destacam as indústrias e os lixões e aterros. As indústrias são responsáveis pela maior parte da carga contaminante tóxica na Baía, como metais, e elas estão mais relacionadas com a demanda química de oxigênio (DQO) do que com demanda biológica de oxigênio (DBO). Entre as fontes difusas estão os efluentes domésticos, emissões atmosférica e a poluição por óleo, principalmente originada das atividades de transporte de navios. O escoamento de águas superficiais responsável pelo carreamento de poluentes vindos de postos de gasolina também é um problema para a Baía de Guanabara (OLIVEIRA, 2009). É também importante ressaltar que a ocupação desordenada das cabeceiras dos rios, o desflorestamento e a cobertura do espelho d'água da Baía através do aterramento contribuíram para acelerar a degradação da Baía devido ao grande aporte de carga sólida que causa o assoreamento. Esses fatores mencionados contribuem muito para o assoreamento de algumas áreas da Baía, o que restringe a

circulação hidrodinâmica, diminuindo a diluição da poluição e piorando a qualidade das águas (PETROBRAS, 2012).

TABELA 3.5. PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO NA BAÍA DE GUANABARA.

Principais fontes de poluição	Características
Indústrias (cerca de 6000)	80% da poluição industrial é proveniente de apenas 52 indústrias
Refinaria de Duque de Caxias (REDUC)	1,4 t dia <sup>-1</sup> , representando 20% do total lançado, além de despejos contendo fenóis, metais pesados e micropoluentes orgânicos
Terminais marítimos de petróleo (16)	1 t dia <sup>-1</sup> de óleo
Portos comerciais (2) e outras fontes	2,3 t dia <sup>-1</sup> de óleo
Postos avançados de combustível (2000), estaleiros (32)	2,3 t dia <sup>-1</sup> de óleo que representam 33% do total lançado na baía
Lançamento de esgotos domésticos (7,3 milhões de habitantes)	20 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> de esgoto doméstico; apenas 2,7 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> recebem tratamento
Vazamento de lixo	Vazamento de 800 m <sup>3</sup> dia <sup>-1</sup> de chorume
Ocupação de terra pública que margeia os rios e encostas	Lançamento de lixo e esgoto doméstico sem qualquer controle
Cargas poluidoras despejadas diariamente na baía	Orgânica (DBO): 400 t Orgânica Industrial: 64 t Metais pesados: 0,3 t Lixo doméstico: 6 t Carga de óleo: 7 t

Fonte: Oliveira, 2009.

A eutrofização das águas costeiras em virtude das atividades antrópicas, causada pelo lançamento cargas elevadas de matéria orgânica e nutrientes, é um problema mundial e também muito evidenciado na Baía de Guanabara. A grande taxa de eutroficação tem se estendido do oeste e noroeste, densamente ocupado, para outras regiões da Baía, comprometendo a qualidade da água na Baía como um todo (LIMA, 2006). São lançadas na Baía de Guanabara aproximadamente 400 toneladas por dia de matéria orgânica. Desse total, 64 tons/dia, aproximadamente 20% origina dos efluentes industriais e estações de tratamento de esgoto. Outro grande problema alarmante na região é a rápida proliferação de algas devido a grande carga de nutrientes e limitada pela luz no sudeste e nordeste, contribuindo altamente para a carga geral de poluição orgânica na Baía (SILVA, 2001; LIMA, 2006).

A Baía de Guanabara também recebe 7 tons/dia de óleos e graxas provenientes das indústrias, portos comerciais, estaleiros, postos de gasolina e terminais petrolíferos. As indústrias também são responsáveis pela carga de metais pesados na Baía. É também estimado que o estuário recebe na ordem de 800 m<sup>3</sup>/dia de chorume dos lixões e aterros em seu entorno (SILVA, 2001). Como pode ser observado existem diversas fontes de contaminação na Baía, variando entre esgotos não tratados, nutrientes, hidrocarbonetos, metais pesados e grandes quantidades de sólidos suspensos. Resíduos domésticos não tratados são responsáveis por descarregar matéria orgânica e microorganismos patogênicos. Resíduos sólidos também representam um problema de poluição bastante

visível e acentuado na Baía de Guanabara e pode ser notado em diversas áreas marginais da Baía, incluindo suas praias interiores (FISTAROL et al., 2015).

Atualmente o maior problema é a grande quantidade de matéria orgânica sendo lançada na Baía. A Tabela 3.6 contém estimativas da Pacific Consultants International (2003) sobre a contribuição de cada sub-bacia da Baía de Guanabara para a carga orgânica descarregada em 2000. Os valores na tabela confirmam que os esgotos não tratados são a maior fonte de carga orgânica, mas também que os efluentes industriais também contribuem significativamente para esta carga. As sub-bacias responsáveis pelo maior aporte de carga orgânica são as localizadas na região noroeste da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara, especialmente as sub-bacias do Canal do Cunha, Pavuna/Meriti e Iguaçú/Sarapuí, todas elas drenando diretamente para a porção noroeste da Baía de Guanabara.

TABELA 3.6. CONTRIBUIÇÃO DE CARGA ORGÂNICA DE CADA SUB-BACIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA.

Região	Sub-bacia	Carga das ETES (tons/dia)	Carga dos esgotos não tratados (tons/dia)	Carga orgânica industrial (tons/dia)	Carga poluição superficial (tons/dia)
Oeste	Enseada de Botafogo – Rio Carioca – Urca – Centro	-	13,70	0,898	0,027
Oeste	Canal do Mangue	-	19,83	0,425	0,054
Oeste	Canal do Cunha	8,89	40,62	3,049	0,108
Oeste	São Cristovão	-	1,26	0,245	0,010
Oeste	Rio Irajá – Canal da Penha – Rio Ramos	2,94	7,42	0,900	0,075
Oeste	Rios Acari – Pavuna – Meriti	8,65	52,99	1,826	0,217
Oeste	Cabo do Brito	-	1,76	0,218	0,029
Noroeste	Rios Iguaçú-Sarapuí	11,42	92,91	5,717	1,003
Noroeste	Rios Estrela-Inhomirim-Saracuruna	-	20,80	2,398	0,674
Noroeste	Mauá	-	0,73	-	0,020
Nordeste	Rio Suruí	-	1,20	0,051	0,118
Nordeste	Rio Iriú	-	0,25	-	0,022
Nordeste	Rio Roncador	-	1,64	0,054	0,240
Nordeste	Canal de Magé	-	1,82	-	0,022
Nordeste	Rios Guapi/Macacu	-	4,70	1,308	0,003
Nordeste	Rio Caceribu	-	13,84	0,183	0,722
Nordeste	Rios Guaxindiba/Alcântara	-	32,04	0,997	0,180

Nordeste	Baía Itaoca	-	0,12	-	0,010
Leste	Rio Imboassu	-	7,40	-	0,033
Leste	Rio Bomba	0,20	10,1	4,108	0,032
Leste	Canal do Fonseca – Centro de Niterói	-	2,12	-	0,010
Leste	Icaraí – Ingá – Boa Viagem (Catedral)	-	2,71	-	0,009
Leste	São Francisco, Jurujuba e Charitas	-	0,91	0,735	0,011
Leste	Canal Canto do Rio	4,01	2,69	0,033	0,007
Ilha	Ilha do Governador	0,86	2,71	0,097	0,052
Ilha	Ilha de Paquetá	0,02	0,02	-	-
Ilha	Ilha do Fundão	-	0,1	-	0,008
Ilha	Ilha do Engenho	-	-	-	-
Ilha	Ilha de Santa Cruz	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		36,99	336,39	23,242	3,696

Fonte: PCI, 2003.

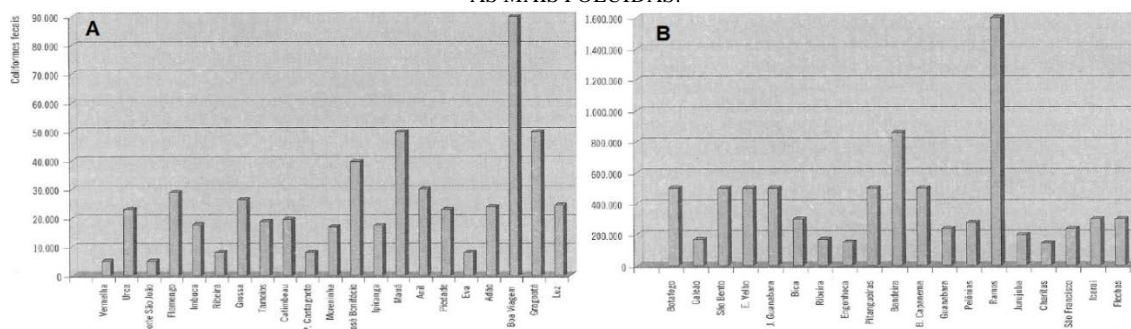
Ademais, a grande presença de vibriões e micróbios na Baía de Guanabara é uma evidência da alta eutroficação da Baía, especialmente em sua costa oeste, especificamente nas áreas do Canal do Fundão e da Ilha do Governador, onde a quantidade de vibriões e micróbios atinge valores acima de 10 milhões de células/ml e mais de 40.000 células/ml, respectivamente. O ambiente anóxico e rico em matéria orgânica nessas áreas podem contribuir para a disseminação de importantes microorganismos patogênicos. De fato, na porção mais interior da Baía já foram registrados bactérias potencialmente patogênicas, resistentes à drogas e que podem colocar em risco a saúde humana e animal (SOARES et al., 2016). As áreas na Baía aonde foi observada a presença de bactérias resistentes estão marcadas com uma estrela na Figura 7.2. A presença desse micróbios oportunistas patogênicos torna-se um grande problema para a população que vive no entorno da Baía de Guanabara e regularmente estão em contato com as suas águas, seja diretamente, para o banho em suas águas ou praias oceânicas das redondezas e atividades recreacionais, ou indiretamente, pelo consumo de pescados e outros frutos do mar. Por isso, a recuperação ambiental não é apenas de importância social, econômica e estética, mas também é de extrema importância para prevenir problemas de saúde pública, que se evidenciam cada vez mais (FISTAROL et al, 2015).

#### AS PRAIAS INTERNAS DA BAÍA DE GUANABARA

Devido à intensa degradação das águas da Baía de Guanabara, um dos componentes do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) foi responsável por Projetos Ambientais Complementares coordenados pela FEEMA. Um desses projetos foi o Programa Ambiental de Monitoramento, que objetivou avaliar as condições de qualidade ambiental de 40 praias interiores da Baía e monitorar as melhorias na qualidade das águas a serem trazidas pelas obras de saneamento no âmbito do programa de

despoluição. Além das águas de 40 praias compreendidas no municípios de Magé, Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo, o projeto foi responsável por monitorar as areias dessas praias. Foi evidenciado que as praias internas da Baía de Guanabara eram as praias mais poluídas do estado, com altos níveis de contaminação fecal, incompatíveis com os padrões para áreas usadas para contato primário. Os resultados obtidos no período de 1994-1997 confirmaram que a qualidade das águas dessas praias estava completamente comprometida, tanto pelo alto índice de coliformes fecais quanto pelo deposição de grande carga de lixo e detritos. Para todas as praias, as medidas de coliformes fecais excederam o 80º percentil de 1000 coliformes/100ml, estabelecido pela Resolução CONAMA 274/2000 como o padrão para uso para recreação de contato primário. A principal causa da contaminação fecal são os lançamentos de esgotos não tratados, “línguas negras” formada pelo extravazamento de águas pluviais contaminadas e a contribuição de rios altamente poluídos. A Figura 3.7 mostra o 80º percentil para o nível de coliformes fecais nas 40 praias analisadas no período. A Figura 7.3-A mostra as praias menos poluídas e a Figura 7.3-B mostra as praias mais poluídas. A praia de Ramos foi enquadrada como a praia mais poluída da Baía de Guanabara.

FIGURA 7.3. O 80º PERCENTIL PARA O NÍVEL DE COLIFORMES FECAIS PARA AS 40 PRAIAS ANALISADAS NA BAÍA DE GUANABARA. NOTA-SE QUE TODAS AS PRAIAS EXCEDEM O PADRÃO PREVISTO PELA RESOLUÇÃO CONAMA 274/2000, MAS EM (A) É POSSÍVEL OBSERVAR AS PRAIAS MENOS POLUÍDAS E EM (B) AS MAIS POLUÍDAS.



Fonte: Coelho, 2007.

De acordo com dados da extinta FEEMA, a Tabela 3.7, divulgada em 2009 pela Petrobras através do documento intitulado “Avaliação Ambiental Estratégica do Programa de Investimentos da Petrobras na Área de Abrangência da Baía de Guanabara – PLANGAS, GNL e COMPERJ” mostra as condições de balneabilidade das 40 praias da Baía de Guanabara para o período de 2000-2008. Os dados da Tabela 3.7 demonstram que as condições de qualidade das águas das várias praias são precárias com mínimas melhorais quando comparados com a análise mencionada anteriormente entre o período 1994-1997.

TABELA 3.7. CONDIÇÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DE 40 PRAIAS DA BAÍA DE GUANABARA EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE COLIFORMES FECAIS NO PERÍODO QUE SE EXTENDE DE 2000 A 2008.

Praias	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Zona Sul</b>									
<b>Vermelha</b>									



<b>Forte São João</b>									
<b>Urca</b>									
<b>Botafogo</b>									
<b>Flamengo</b>									
<b>Niterói</b>									
<b>Gragoatá</b>									
<b>Boa Viagem</b>									
<b>Flechas</b>									
<b>Icaraí</b>									
<b>São Francisco</b>									
<b>Charitas</b>									
<b>Jurujuba</b>									
<b>Eva</b>									
<b>Adão</b>									
<b>Ilha do Governador</b>									
<b>Galeão</b>									
<b>São Bento</b>									
<b>Engenho Velho</b>									
<b>J. Guanabara</b>									
<b>Bica</b>									
<b>Ribeira</b>									
<b>Engenhoca</b>									
<b>Pitangueiras</b>									
<b>Bandeira</b>									
<b>B. Capanema</b>									
<b>Guanabara</b>									
<b>Pelônias</b>									
<b>Ramos</b>									
<b>Paqueta</b>									
<b>Imbuca</b>									
<b>Ribeira</b>									
<b>Grossa</b>									
<b>Tamoios</b>									
<b>Catimbau</b>									
<b>P. Castagneto</b>									
<b>Moreninha</b>									
<b>J. Bonifácio</b>									
<b>Magé/São Gonçalo</b>									
<b>Ipiranga</b>									
<b>Mauá</b>									
<b>Anil</b>									
<b>Piedade</b>									



Ótima		Máximo de 250 em 80% ou mais tempo
Boa		Máximo de 1000 em 50% ou mais tempo, exceto as ótimas
Regular		Máximo de 1000 em 70% ou mais tempo e menos de 80% do tempo
Má		Máximo de 1000 em 50% ou mais do tempo e menos de 70% do tempo
Péssima		Praias que não enquadram nas categorias anteriores
		Número de resultados insuficientes para qualificação

Fonte: PETROBRAS, 2009.

Os dados na Tabela 3.7 evidenciam que todas as praias da Ilha do Governado, as praias de Magé e São Gonçalo e a praia de Ramos estiveram inapropriadas para o banho durante todo o período de avaliação, nunca atendendo o padrão da Resolução CONAMA 274/2000 (mostrado no Anexo). A Praia de Ramos, artificialmente construída em 1960 sempre mostrou precária condição de qualidade da água e portanto o governo criou o “Piscinão de Ramos” para recreação da população, que recebe água tratada da Baía de Guanabara. Iniciativa similar ocorreu no município de São Gonçalo. As praias da Ilha de Paquetá, como observado na Tabela 3.7, sempre tiveram qualidade variável para balneabilidade, e os anos que a balneabilidade se apresentou ruim estão possivelmente relacionados com a desativação da Estação de Tratamento de Esgotos de Paquetá (PETROBRAS, 2009).

Em Niterói, as praias de Jurujuba e Gragoatá, sempre excederam os padrões para balneabilidade e as praias Charitas e São Francisco mostram condições razoáveis de balneabilidade em 2007. As outras praias de Niterói, que são Flexa, Boa Viagem e Icaraí apresentaram condições regulares para banho desde 2001, e essa melhora pode se relacionar com a instalação do emissário submarino de Icaraí. No Rio de Janeiro, as praias Vermelha e São João estiveram sempre dentro dos padrões para banho, mas Botafogo, Urca e Flamento sempre estiveram inapropriadas (PETROBRAS, 2009)

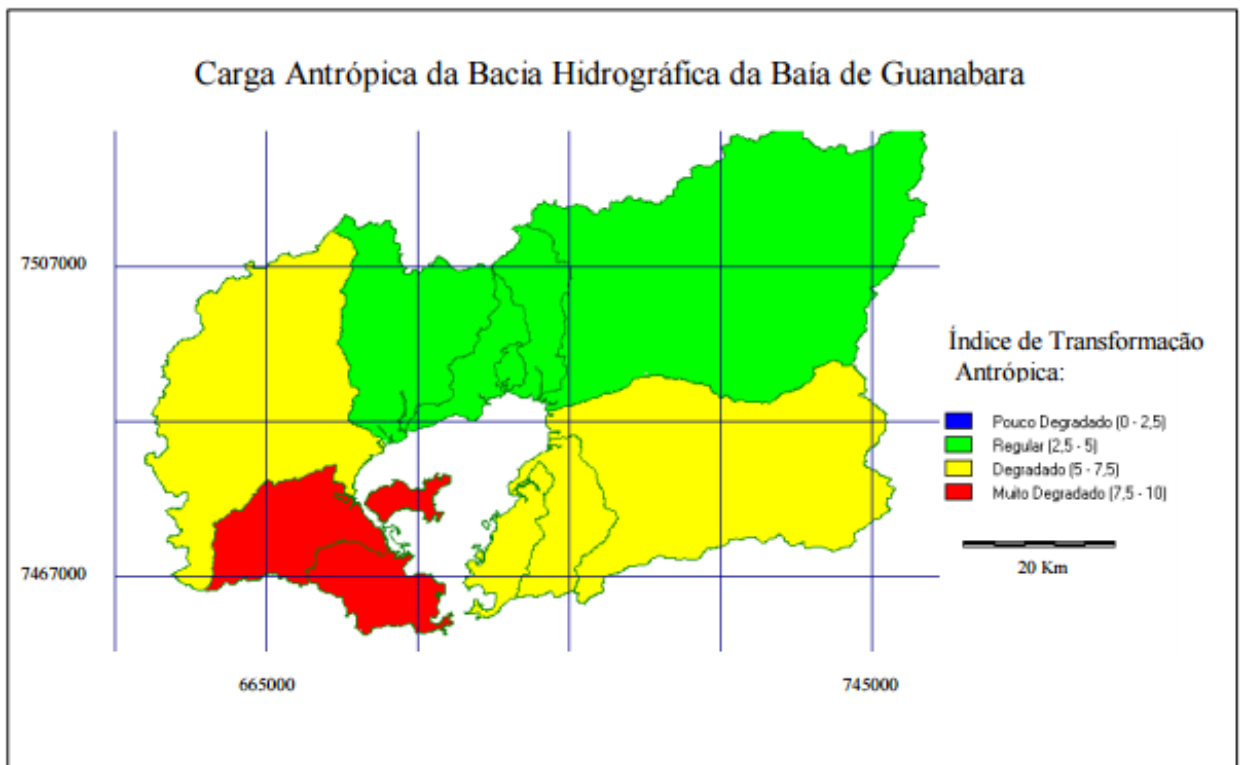
#### A QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA

A poluição da Baía de Guanabara é completamente associada às atividade e uso e ocupação dos solos na região que compreende sua bacia hidrográfica. Um estudo conduzido por Cruz et al. (1998) considerou parâmetros de uso do solo, tais como áreas de manguezal, urbanização, áreas de florestas, agricultura e áreas de inundação, para estimar um índice para avaliar as sub-bacias que mais são influenciadas pelas transformações antrópicas. Como esperado, as sub-bacias no lado oeste da Baía de Guanabara mostraram maiores valores para esse índice, o que significa que elas estão mais degradadas. Nenhuma sub-bacia no entorno da Baía de Guanabara foi considerada com condições baixas de degradação pelo estudo. Porém, as sub-bacias ao norte da Baía mostraram padrões de degradação regulares, como observado na Figura 7.4. As condições das sub-bacias correlacionam com as condições da Baía de Guanabara. Por exemplo, a

porção oeste da Baía é a mais degradada porque as sub-bacias que nela descarregam estão completamente degradadas e influenciadas por atividades antrópicas. De acordo com o estudo, as sub-bacias mais antropizadas são a da Ilha do Fundão, a do Rio São João de Meriti, e Canal do Cunha. A sub-bacia do Rio Roncador, no município de Magé, foi considerada a menos degradada e antropizada. Uma vez que o estudo foi conduzido em 1998, possivelmente algumas áreas tais como as localizadas no município de São Gonçalo e na região da Baixada Fluminense, que mostraram taxas elevadas de urbanização nos últimos tempos, podem possivelmente ser classificadas atualmente como muito degradadas.

De fato, até mesmo a sub-bacia do Rio Roncador, ainda considerada uma das menos degradadas da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara, mostrou considerável deterioração para o nível de qualidade das suas águas nos últimos anos. De acordo com um estudo de 2012, mesmo sendo concluído que a qualidade das águas estavam dentro dos padrões, foi observado várias fontes de poluição e barreiras para a manutenção de uma boa qualidade da água na sub-bacia do Roncador. Dentre essas fontes de poluição e entraves para manutenção da qualidade das águas se destacam lançamentos clandestinos de esgotos não tratados, falta de estrutura de tratamento de esgotos, criação de animais nas margens dos rios, desflorestamento e falta de um sistema consistente de monitoramento de qualidade das águas para acompanhar o progresso (SACHETTO, 2012).

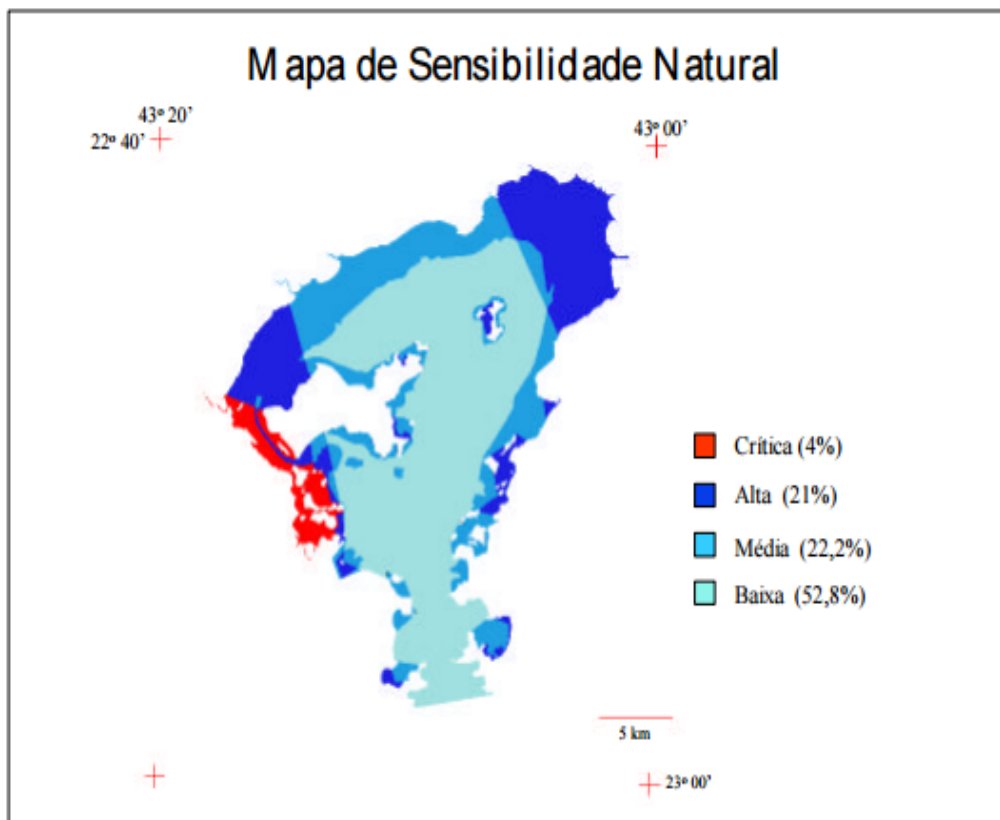
FIGURA 7.4. CARGA ANTRÓPICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA.



Fonte: CRUZ et al., 1998.

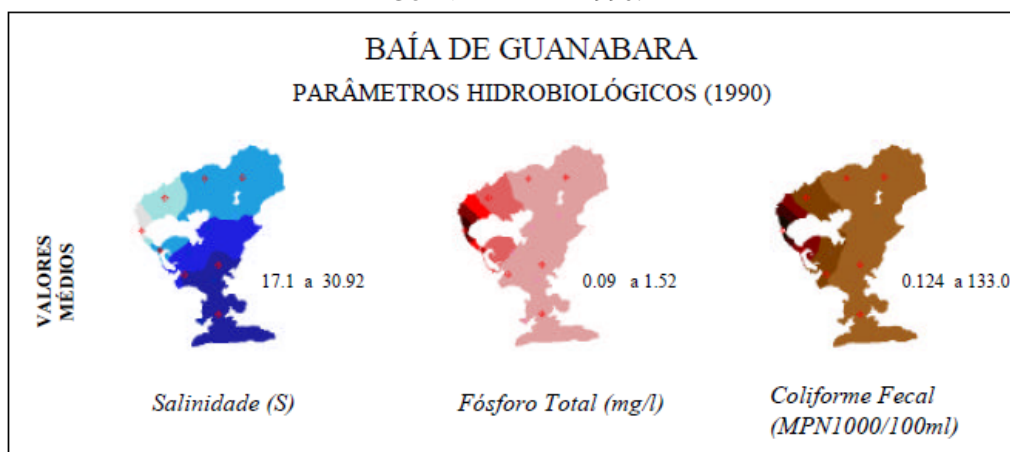
Então, confrontando o mapa das sub-bacias mais degradadas da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara na Figura 7.1 com o mapa de sensibilidade natural da Baía de Guanabara na Figura 7.5, é possível observar que as áreas mais sensíveis da Baía são influenciadas pelas sub-bacias mais degradadas. As áreas mais sensíveis são aquelas em que a circulação das águas está comprometida e as trocas com o mar são menos eficientes, caracterizando uma pior qualidade das águas (CRUZ et al., 1998). Mesmo em 1990 já era evidenciado que a porção noroeste da Baía, a área com maior sensibilidade natural, era uma das áreas mais deterioradas. Figura 7.6 mostra mapas temáticos de 1990 com a distribuição de parâmetros como salinidade, coliformes fecais e fósforo para a Baía de Guanabara. Nota-se que a salinidade é muito baixa na porção noroeste, evidenciando grande aporte de água doce dos rios mais poluídos e conseqüentemente grande carga de esgotos. Maiores concentrações de fósforo também se destacam no noroeste, que é uma das áreas mais eutróficas do estuário.

FIGURA 7.5. SENSIBILIDADE NATURAL DA BAÍA DE GUANABARA.



Fonte: CRUZ et al., 1998

FIGURA 7.6. DISTRIBUIÇÃO DE SALINIDADE, FÓSFORO TOTAL E COLIFORMES FECAIS NA BAÍA DE GUANABARA EM 1990.



Fonte: Cruz et al., 1998

O estudo conduzido por Cruz et al. (1998) é um dos estudos que destacam como a qualidade ambiental dos rios contribuintes à Baía de Guanabara é um reflexo da ocupação e uso dos solos em seus entornos. Dividindo a Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara em três setores (oeste, norte/nordeste e leste), cada um possuindo características diferentes em termos de uso do solo, ocupação urbana e atividades econômicas, é possível melhor avaliar a qualidade das águas dos rios nesses setores (ECOLOGUS-AGRAR, 2005). Os dados de qualidade das águas de 1990 até 2003 para os principais rios desses três setores da Bacia Hidrográfica são observados na Tabela 3.8.

TABELA 3.8. MEDIANA DE ALGUNS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS PARA ALGUNS DOS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA (OESTE, NORTE/NORDESTE, LESTE) COMPARADOS AOS PADRÕES ESTABELECIDOS PELA RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

Região	Rio/Canal	DBO (mg/L)		OD (mg/L)		N-amoniacoal (mg N/L)		N-Kjeldahl (mg N/L)		P Total (mg P/L)	
		90/97	98/03	90/97	98/03	90/97	98/03	90/97	98/03	90/97	98/03
Oeste	Mangue	50	-	<0,1	-	6,0	-	15	-	2,0	-
	Cunha	50	30	<0,1	<0,1	6,0	2,6	13	9,5	1,5	1,8
	Penha	50	40	<0,1	<0,1	5,0	2,5	14	11,5	2,0	2,2
	Irajá	46	40	<0,1	<0,1	8,0	2,6	18	11	2,0	1,8
	Meriti	40	40	<0,1	<0,1	6,0	2,6	14	12	2,0	2,35
	Sarapuí	24	20	<0,1	<0,1	5,5	2,7	15	12	2,0	2,15
	Iguaçu	12	17	<0,1	<0,1	5,0	2,6	6,0	6,0	1,0	1,2
Norte/ Nordeste	Estrela	9,0	6,0	1,6	1,4	1,0	2,4	3,0	3,6	0,3	0,4
	Suruí	3,2	3,2	4,9	4,4	0,2	0,3	0,8	1,0	0,15	0,2
	Iriti	6,0	6,0	1,6	1,2	0,15	0,21	1,0	1,2	0,25	0,3
	Roncador	2,0	2,0	6,6	5,9	0,15	0,2	0,8	1,0	0,1	0,1
	Magé	30	-	0,3	-	4,4	-	13	-	1,5	-
	Soberbo	24	7,6	4,6	6,1	0,1	0,3	1,4	1,1	0,2	0,1
	Macacu	2,0	2,0	8,2	6,2	0,05	0,15	0,6	0,8	0,08	0,1
Guapi	<2,0	4	6,8	3,3	0,08	0,38	0,6	1	0,09	0,2	

	Caceribu	7,0	2,0	2,6	4,8	0,25	0,6	1,3	1,8	0,15	0,175
Leste	Guaxindiba	10	12	1,2	1,09	6,5	2,75	13	11,5	1,5	1,9
	Mutondo	72	-	<0,1	-	7,0	-	26	-	3,0	-
	Imboassu	12	30	1,4	0,3	1,8	2,7	8	12,5	0,7	2,2
	Bomba	80	60	1,2	1,0	8,0	3,05	27	13	3,0	2,85
	Canto do Rio	30	40	2,0	0,8	8,5	5,2	18	14	1,5	2,65
Parâmetros Resolução CONAMA 357/2005	Água doce Classe 1	<3		>6						<0,025	
	Água doce Classe 2	<5		>5						<0,050	
	Água doce Classe 3	<10		>4						<0,075	
	Água doce Classe 4	>10		>2							

Fonte: CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; BVRIO/FUNBIO, 2013.

Confirmando análises de tendência anteriores e concordando com muitos estudos e percepções, os dados de qualidade das águas na Tabela 3.8 mostram que a situação é mais crítica nos rios da costa oeste da Baía de Guanabara. As informações da Tabela 6 também destacam que a maioria dos rios na porção leste da bacia hidrográfica estão também em um estado crítico. No setor norte/nordeste, com exceção do Canal de Magé, todos os rios e canais mostraram uma melhor qualidade das águas. Os rios dos setores oeste e leste possuem grandes valores de DBO, nitrogênio Kjeldhal, nitrogênio amoniacal, fósforo total e baixos valores para oxigênio dissolvido, e esses parâmetros regularmente excedem os padrões de boas condições de qualidade de águas doces do CONAMA. Para a costa oeste, os valores ruins desses parâmetros, evidenciam o massivo lançamento de esgotos não tratados provenientes da Região da Baixada Fluminense e do norte da cidade do Rio de Janeiro (ECOLOGUS-AGRAR, 2005). Por outro lado, a melhor qualidade das águas dos rios no setor norte/nordeste refletem uma ocupação urbana e industrial menos intensa, com exceção dos rios Estrela, Soberbo e Caceribu, que já sofrem com a influência da ocupação urbana com indústrias lançando seus efluentes industriais, especialmente a REDUC (descarrega no Rio Estrela) e a CIBRAN – Companhia Brasileira de Antibióticos (descarrega no Rio Caceribu) (ECOLOGUS-AGRAR, 2005).

O Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara tem uma proposta de enquadramento dos rios da bacia hidrográfica de acordo com as classificações de águas doces da Resolução CONAMA 357/2005. A proposta de classificação para os rios está ilustrada na Figura 7.7.

FIGURA 7.7. PROPOSTA PARA O ENQUADRAMENTO DOS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA.



Fonte: Ecologus-Agrar, 2005.

Como mostrado na Figura 7.7, a maioria dos rios no lado oeste da Baía se enquadram dentro da Classe 3 e 4, o que significa que eles possuem uma pior qualidade das águas e portanto não são apropriados para usos específicos. Os rios no lado leste são enquadrados em sua maioria na categoria Classe 2. Porém, é possível observar que vários rios na porção leste possui seus mananciais classificados como Classe 1. Os trechos dos rios que se encontram no limite norte da bacia hidrográfica, localizados na Serra dos Orgão, onde os rios nascem, são classificados como Classe Especial, sendo os rios mais preservados da bacia. Essas classificações estabelecidas pelo CONAMA estão explicadas no Anexo.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos existente para a Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara reitera que a classificação dos rios da bacia em classes de uso de acordo com os padrões CONAMA é essencial para estabelecer o futuro dos rios em relação ao nível de preservação/conservação e a possibilidade de usar suas águas para propósitos econômicos. Portanto, a classificação dos rios é muito importante porque traz diversas consequências econômicas, sociais e políticas para a região. Cada classe representa um uso predominante distinto e um padrão específico para lançamento de efluentes, que restringe alguns usos do rio e consequentemente as atividades econômicas na região. O enquadramento dos rios conforme mostrado na Figura 7.7 é uma proposição que requer transparência e intensa participação dos atores envolvidos na Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara porque suas implicações são de grande interesse para todos. O

estabelecimento de uma classificação para os rios irá requerir atenção e investimentos para manter ou alcançar a classificação proposta para cada rio. No momento que o PDRH foi divulgado foi proposto que o Comitê de Bacia promoveria as discussões com a comunidade em relação a classificação proposta e após o consenso e aprovação, a proposta seria transferida para o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), que por sua vez, aprovaria oficialmente a proposta através de uma Resolução. No momento da proposta, a SERLA e FEEMA (ambos substituídos e representados pelo INEA atualmente) seriam responsáveis pelo monitoramento, controle e inspeção para avaliar se as metas estavam sendo alcançadas (ECOLOGUS-AGRAR, 2005).

#### MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA REGIÃO DA BAÍA DE GUANABARA

Para apresentar os resultados analíticos de uma forma clara e objetiva é necessário usar os Índices de Qualidade das Águas. Os índices consolidam informações do monitoramento em uma forma mais acessível e de fácil compreensão. O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) possui estações de monitoramento na Baía e também em seus rios tributários. Os dados de monitoramento coletados para os rios da bacia hidrográfica são geralmente consolidados no Índice de Qualidade das Águas da *National Science Foundation* (NSF) e os dados para as estações no espelho d'água da Baía são divulgados na forma do Índice de Conformidade.

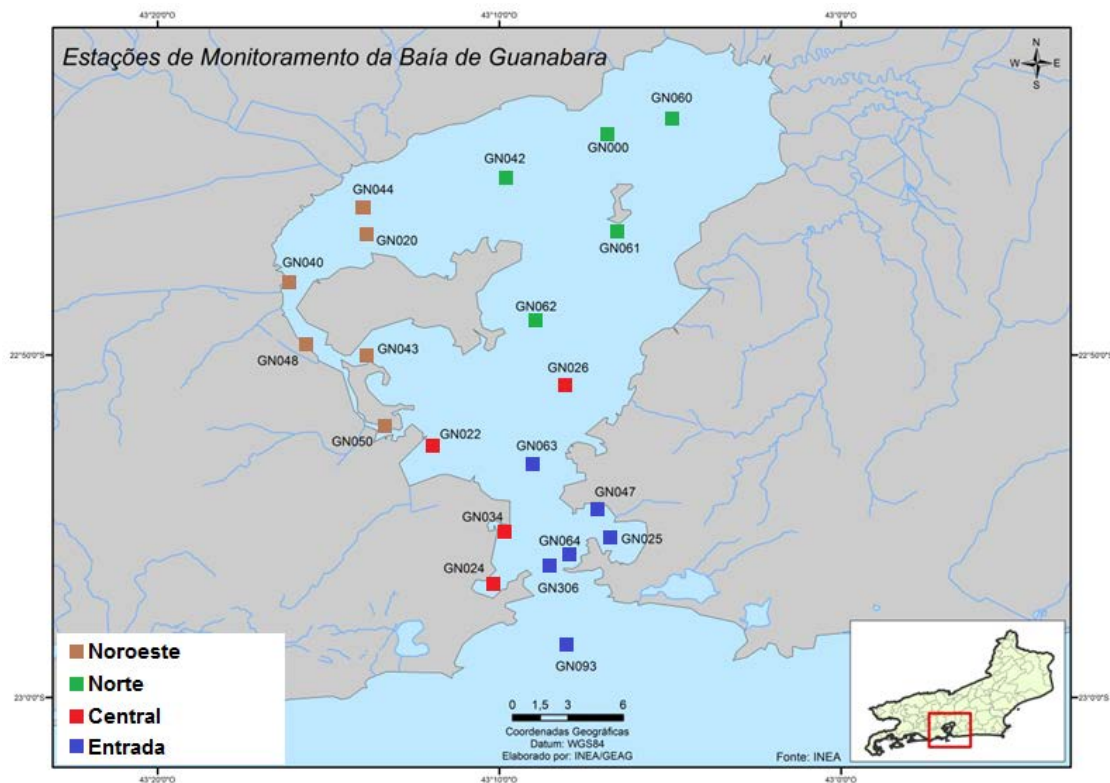
#### MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DO ESPELHO D'ÁGUA DA BAÍA DE GUANABARA

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) possui 21 estações de monitoramento na Baía de Guanabara para avaliar alguns parâmetros da qualidade das águas relacionados com a poluição e contaminação, como pode ser observado na Figura 7.8. As amostras coletadas nessas estações são testadas principalmente para oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, fósforo total, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos, enterococos, ortofosfatos, fitoplânctons, cianetos e metais (cobre, ferro, arsênio, mercúrio, níquel, zinco, cromo, chumbo e cádmio) (INEA-DIGAT/GEAG, 2015).

A frequência de coleta de amostras varia de parâmetro para parâmetro. Parâmetros como OD, DBO, coliformes termotolerantes, enterococos, turbidez, pH, condutividade, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, fósforo total, ortofosfato e fitoplâncton (qualitativo e quantitativo), são analisados com uma frequência bimestral. Metais, fenóis e cianetos são medidos semestralmente (INEA-DIGAT/GEAG, 2015).



FIGURA 7.8. ESTAÇÕES DO INEA PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DE GUANABARA.



Fonte: modificado de INEA-DIGAT/GEAG, 2015.

Para a Baía, alguns parâmetros para cada estação de monitoramento, como OD, fósforo total, nitratos, coliformes termotolerantes e nitrogênio amoniacal, são consolidados em um único valor nomeado Índice de Conformidade (IC). O IC baseia na comparação dos valores medidos para esses cinco parâmetros com os valores limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005. O Índice de Conformidade pode ser interpretado como mostrado a seguir:

- Satisfatório:  $IC \leq 1,0$  significa que a violação média dos 5 parâmetros não excedem os padrões
- Regular:  $1,0 < IC \leq 1,5$  significa que a violação média dos 5 parâmetros excedem os padrões até 50%
- Ruim:  $1,5 < IC \leq 2,0$  significa que a violação média dos 5 parâmetros excedem os padrões entre 50% e 100%
- Muito ruim:  $2,0 < IC$  significa que a violação média dos 5 parâmetros excedem os padrões em mais de 100%

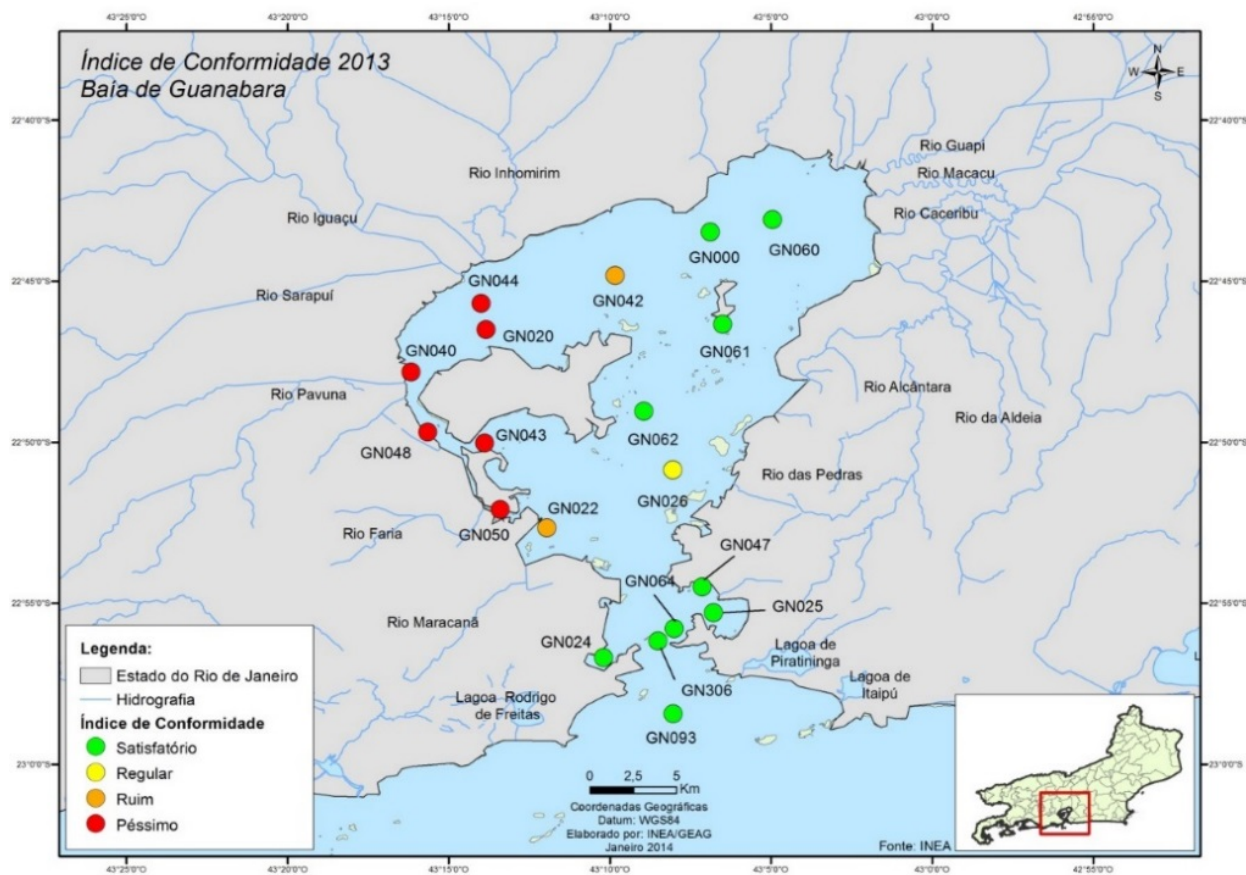
Os valores para o Índice de Conformidade para cada mês de 2013 para cada estação na Baía de Guanabara, e a média anual usada para produzir o mapa temático na Figura 3.16 estão mostrados na Tabela 3.9.

TABELA 3.9. ÍNDICE DE CONFORMIDADE PARA O ANO DE 2013.

RESULTADOS REFERENTES AO ANO DE 2013															
Estação de amostragem	Coordenadas Geográficas		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	IC Média (2013)
	Latitude	Longitude													
GN0000	22°43'28,74"	43°06'52,74"	1,11		0,52	1,04	0,58	0,58	0,56	0,60	1,12	1,20		0,94	0,82
GN0020	22°46'30,00"	43°13'50,00"	4,56		2,59	1,56	3,88	2,29	3,64	2,64	3,70	1,54		1,89	2,83
GN0022	22°52'40,00"	43°11'57,00"	4,56		1,30	1,23	1,52	1,77	0,87	1,39	0,97	2,37		1,89	1,79
GN0024	22°55'18,00"	43°06'47,00"	1,72		0,80	1,08	0,88	0,84	0,87	1,00	0,70	0,96		0,59	0,94
GN0025	22°56'41,71"	43°10'12,03"	0,81		0,49	0,85	0,56	0,65	0,41	0,60	0,84	1,44		0,71	0,74
GN0026	22°50'52,00"	43°08'03,00"	1,08		0,79	1,04	1,00	0,97	0,80	1,13	1,53	0,78		2,35	1,15
GN0040	22°47'50,00"	43°16'10,00"	3,87		1,96	6,71	8,20	3,34	3,10	3,49	5,74	2,46		6,43	4,53
GN0042	22°44'50,00"	43°09'50,00"	1,84		0,95	1,51	5,09	1,29	1,90	1,44	1,64	0,66		1,58	1,79
GN0043	22°50'09,00"	43°13'47,44"	2,73		4,36	1,84	3,93	2,70	1,99	1,52	3,70	1,19		4,73	2,87
GN0044	22°45'41,71"	43°14'00,03"	4,18		1,91	2,24	4,41	2,12	6,59	2,59	1,86	1,73		2,90	3,05
GN0047	22°54'30,00"	43°07'08,00"	0,50		0,52	0,74	0,55	0,88	0,43	0,81	1,24	1,41		0,84	0,79
GN0048	22°49'42,00"	43°15'39,00"	3,96		5,51	2,36	2,89	5,86	2,79	2,44	3,77	3,17		3,44	3,62
GN0050	22°52'06,00"	43°13'24,00"	3,42		8,45	6,26	3,04	6,11	2,25	4,36	4,57	2,82		5,39	4,67
GN0060	22°43'05,71"	43°04'57,03"	0,98		0,63	1,21	0,50	0,47	0,45	0,54	0,52	1,39		0,97	0,77
GN0061	22°46'20,71"	43°06'30,03"	0,99		0,40	0,62	0,68	0,72	0,50	0,65	0,62	0,93		0,73	0,68
GN0062	22°49'02,71"	43°08'57,03"	1,56		0,45	0,89	0,56	0,65	0,54	0,57	0,71	1,43		0,92	0,83
GN0064	22°55'48,00"	43°08'00,00"	0,85		0,49	0,79	0,81	0,71	0,71	0,64	0,73	0,79		0,71	0,72
GN0093	22°58'27,00"	43°08'02,00"	0,82		0,37		0,89	0,61	0,65		0,58	0,95		1,14	0,75
GN0306	22°56'09,00"	43°08'11,00"	0,65		0,48	0,68	0,94	0,79	0,72	0,67	0,67	0,81		0,52	0,69
Categoria de Resultados			Satisfatório			Regular			Ruim			Péssimo			Sem dados
Índice de Conformidade			IC ≤ 1,0			1,0 < IC ≤ 1,5			1,5 < IC ≤ 2,0			2,0 < IC			
Significado			Média da violação dos 5 parâmetros, não ultrapassou o padrão			Média da violação dos 5 parâmetros ultrapassou o padrão em até 50%			Média da violação dos 5 parâmetros ultrapassou o padrão entre 50% e 100%			Média da violação dos 5 parâmetros ultrapassou o padrão em mais de 100%			Mínimo de três das cinco variáveis

Fonte: INEA-DIGAT/GEAG.

FIGURA 7.9. ÍNDICE DE CONFORMIDADE 2013 PARA AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO NA BAÍA DE GUANABARA.



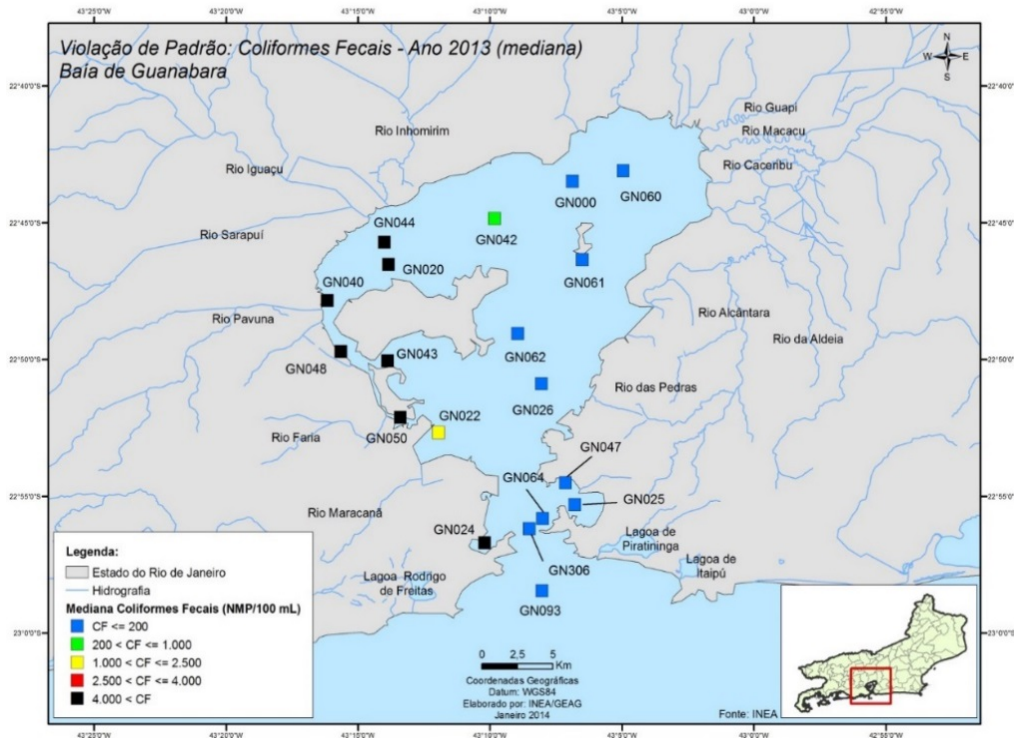
Fonte: INEA/GEAG, 2014.

O INEA também divulga alguns outros mapas temáticos e gráficos com séries temporais para parâmetros específicos medidos nas estações de monitoramento da Baía de Guanabara. Alguns outros parâmetros que foi possível encontrar mapas temáticos e séries temporais desenvolvidas pelo INEA seguem abaixo.

### Coliformes termotolerantes

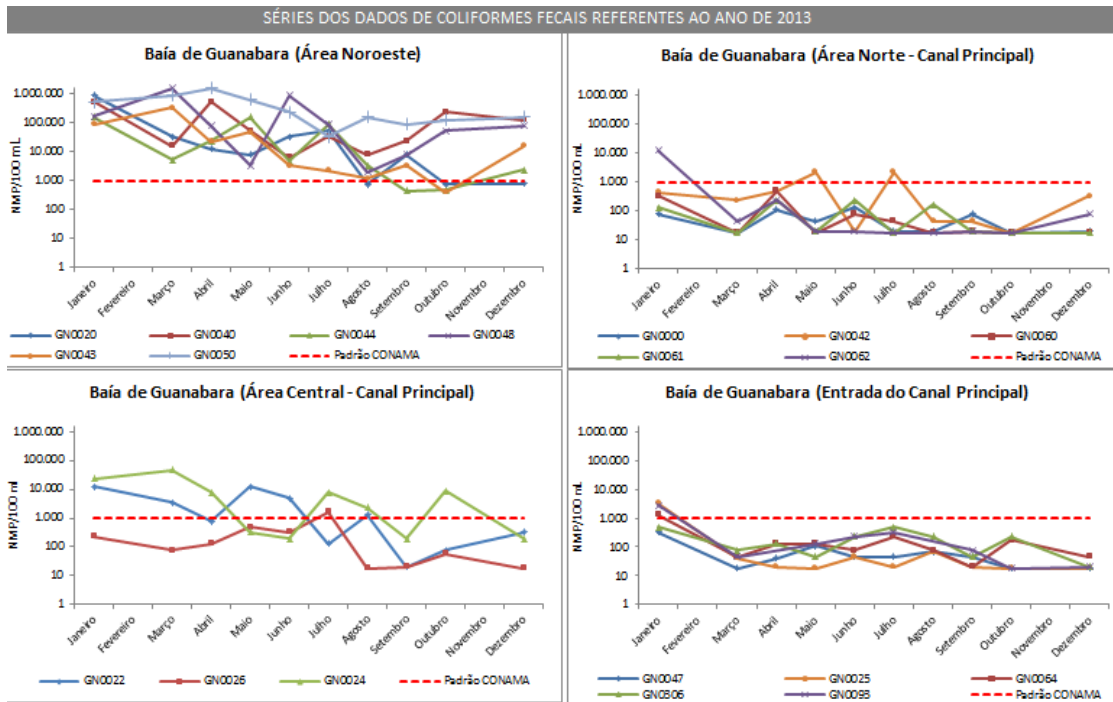
A Figura 7.10 mostra um mapa temático para 2013 com informações sobre a violação dos padrões para coliformes termotolerantes estabelecidos pelo CONAMA 357/2005. Para o ano 2013 também existem séries temporais para verificar a tendência dos resultados. Essas séries temporais para 2013 estão mostradas na Figura 7.11, onde cada gráfico corresponde a uma região da Baía de Guanabara, que é dividida pelo INEA em noroeste, leste, central e entrada. Através das séries temporais em 2013 para cada estação, é possível notar que a região noroeste mostrou os piores níveis de coliformes termotolerantes, enquanto outras regiões excederam os padrões do CONAMA com menor frequência.

FIGURA 7.10. MAPA TEMÁTICO PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES (50° PERCENTILE OU MEDIANA) PARA 2013.



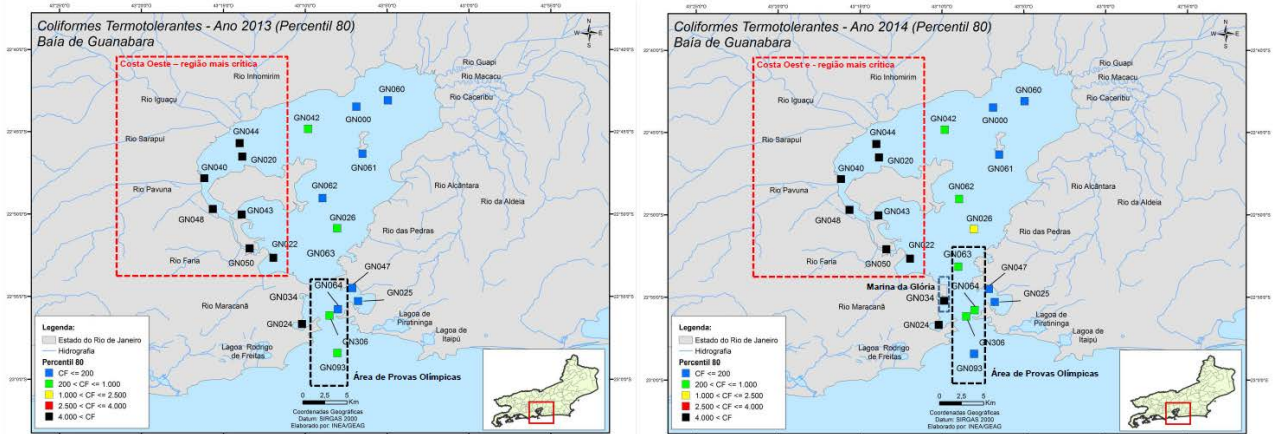
Fonte: INEA/GEAG, 2014.

FIGURA 7.11. SÉRIES TEMPORAIS PARA ANÁLISE DE TENDÊNCIA EM RELAÇÃO AOS COLIFORMES FCAIS NOS LOCAIS DE MONITORAMENTO NA BAIÁ DE GUANABARA; RESULTADOS DE 2013.



Para coliformes termotolerantes, a Figura 7.12-1 também mostra uma comparação entre as concentrações para o ano de 2013 e 2014 para cada estação de monitoramento. Diferentemente do mapa na Figura 7.10, os resultados não são medianas, mas o 80º percentil. Nota-se que a área noroeste da Baía é a mais crítica em relação aos coliformes fecais e que as áreas onde ocorrerão as competições olímpicas, na entrada da Baía, os níveis de coliformes fecais são muito melhores. De fato, informações recentes do INEA, para 2016, mostram que os resultados para as estações de monitoramento GN034, no Marina da Glória, e GN024 estão aceitáveis atualmente.

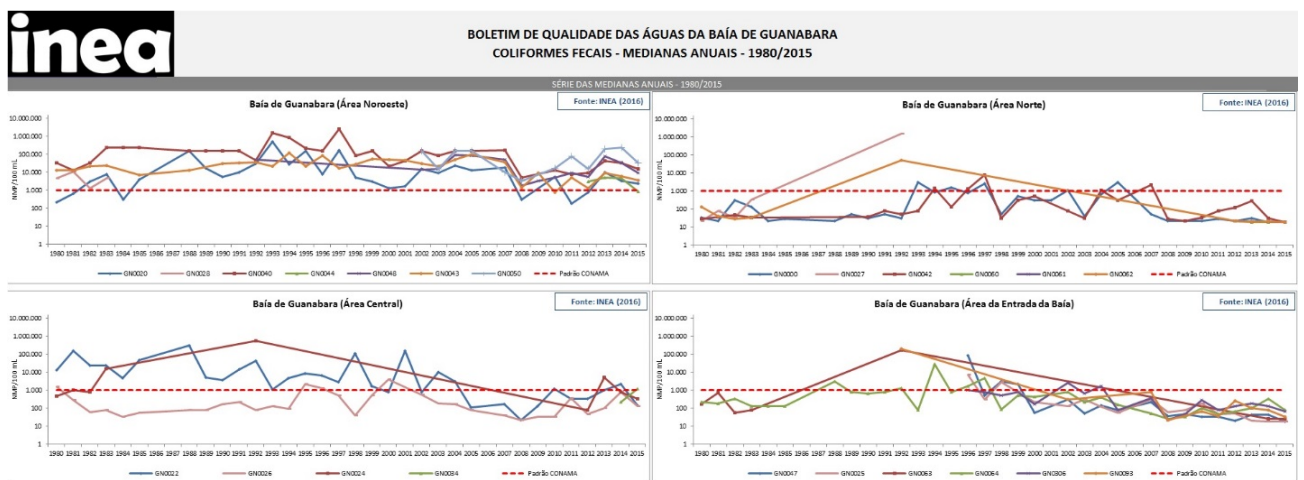
FIGURA 7.12- 1. COMPARAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES (80º PERCENTIL) PARA CADA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO PARA OS ANOS DE 2013 E 2014.



Fonte: INEA/GEAG.

Uma série temporal mais completa compilando dados para coliformes termotolerantes desde 1980 até 2015, na Figura 7.12-2, mostra as tendências de todas as estações de monitoramento ilustradas na Figura 7.9 nas quatro regiões da Baía ao longo de um período de monitoramento maior. É um problema preocupante o fato de que praticamente durante todo o período de monitoramento, todas as estações na porção oeste da Baía estava acima dos limites aceitáveis para coliformes fecais. Isto é reflexo da precária qualidade das águas de todos os rios presentes nessa região da bacia hidrográfica, que transportam grande carga de esgotos não tratados para a Baía de Guanabara.

FIGURA 7.12. MEDIANAS ANUAIS DE 1980 A 2015 PARA COLIFORMES FECAIS (NMP/100 mL) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO NOROESTE, NORTE, ÁREA CENTRAL E ENTRADA DA BAÍA.

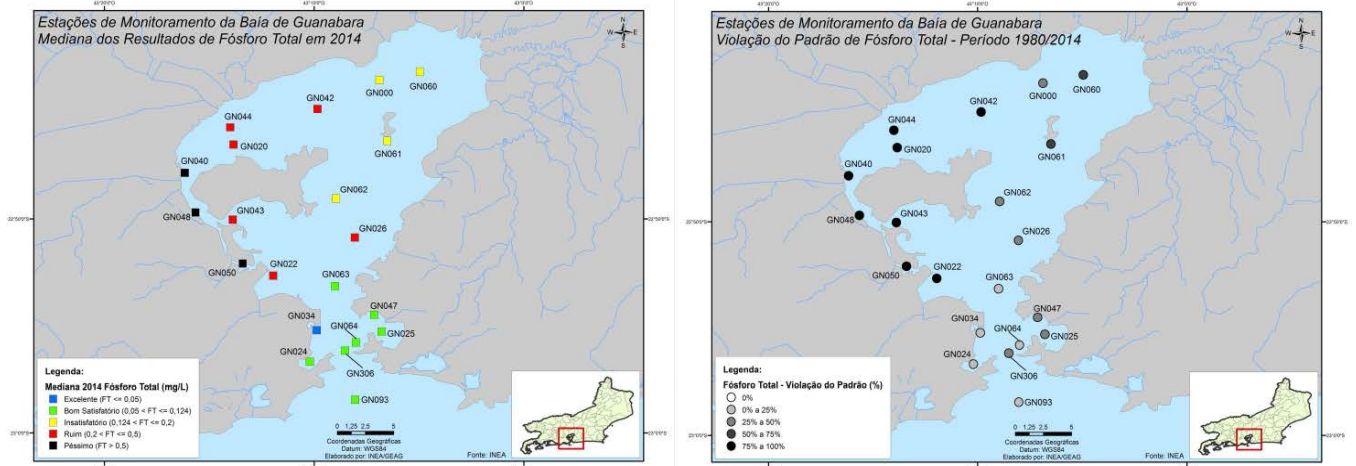


Fonte: INEA/GEAG, 2016.

### Fósforo total

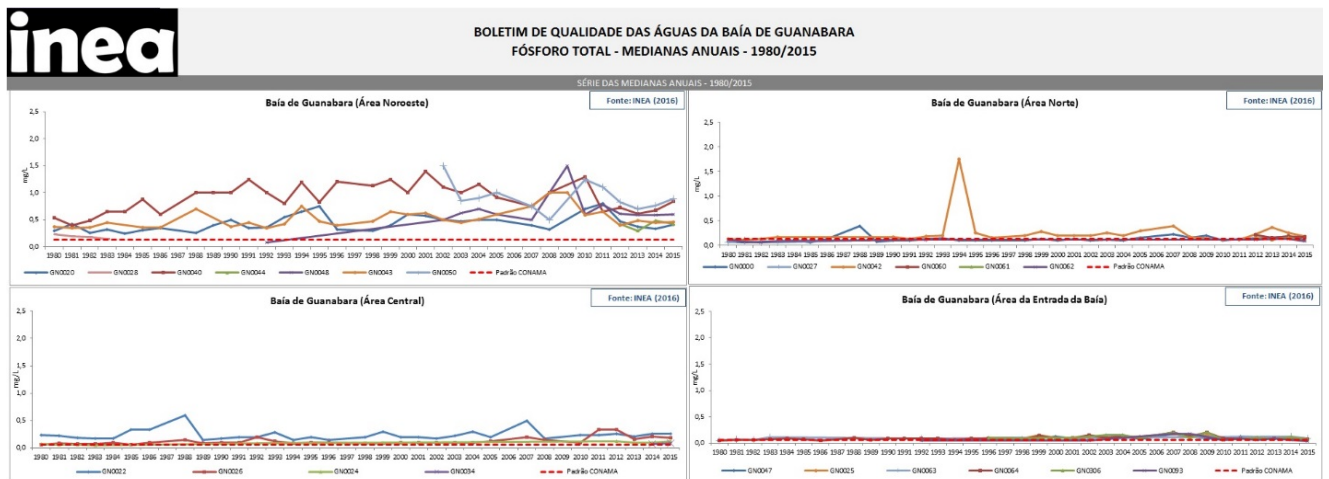
A Figura 7.13 mostra um mapa temático para as concentrações de fósforo total em cada estação de monitoramento da Baía de Guanabara para o ano de 2014, esses valores são as medianas. Na Figura 3.18, no mapa da direita, é também possível observar a violação do padrão fósforo total para o período compreendido entre 1980 a 2014.

FIGURA 7.13. FÓSFORO TOTAL (MEDIANA) NA BAÍA DE GUANABARA EM 2014 E A VIOLAÇÃO DO PADRÃO FÓSFORO TOTAL PARA O PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE 1980 A 2014.



Fonte: INEA/GEAG.

FIGURA 7.14. MEDIANAS ANUAIS DE 1980 A 2015 PARA FÓSFORO TOTAL (MG/L) EM TODAS AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO NOROESTE, NORTE, ÁREA CENTRAL E ENTRADA DA BAÍA DE GUANABARA.

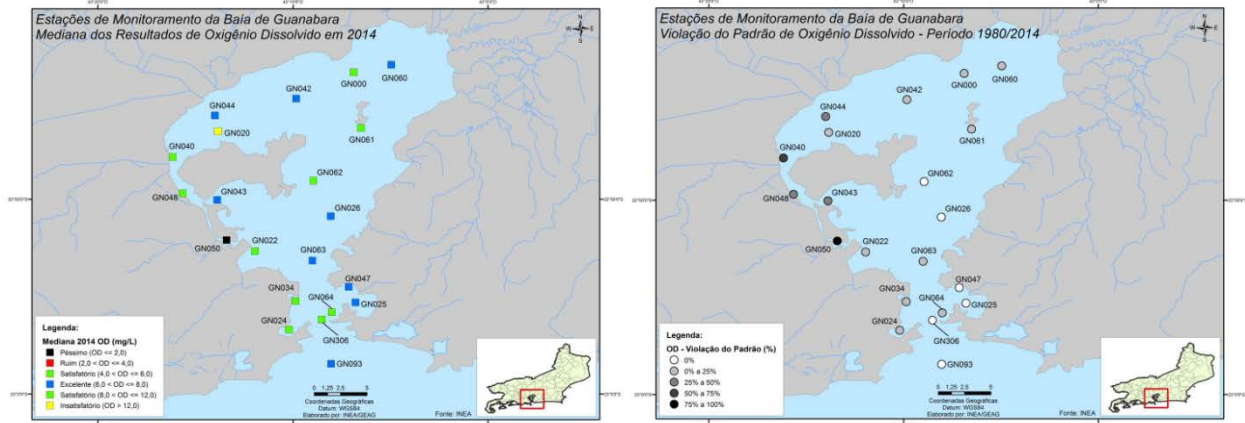


Fonte: INEA/GEAG, 2016.

### Oxigênio Dissolvido (OD)

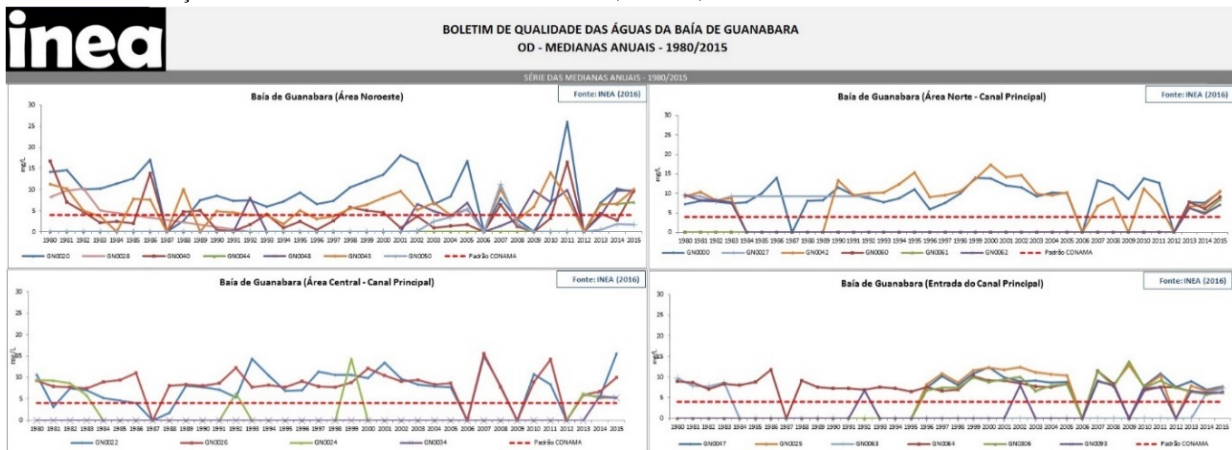
A Figura 7.15 mostra um mapa temático para oxigênio dissolvido em cada estação de monitoramento da Baía de Guanabara para o ano de 2014, esses valores são as medianas. Na Figura 3.23, no mapa da direita, é também possível observar a violação dos padrões para oxigênio dissolvido no período compreendido entre 1980 a 2014.

FIGURA 7.15. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MEDIANA) NA BAÍA DE GUANABARA EM 2014 E A VIOLAÇÃO DO PADRÃO OXIGÊNIO DISSOLVIDO PARA O PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE 1980 A 2014.



Fonte: INEA/GEAG.

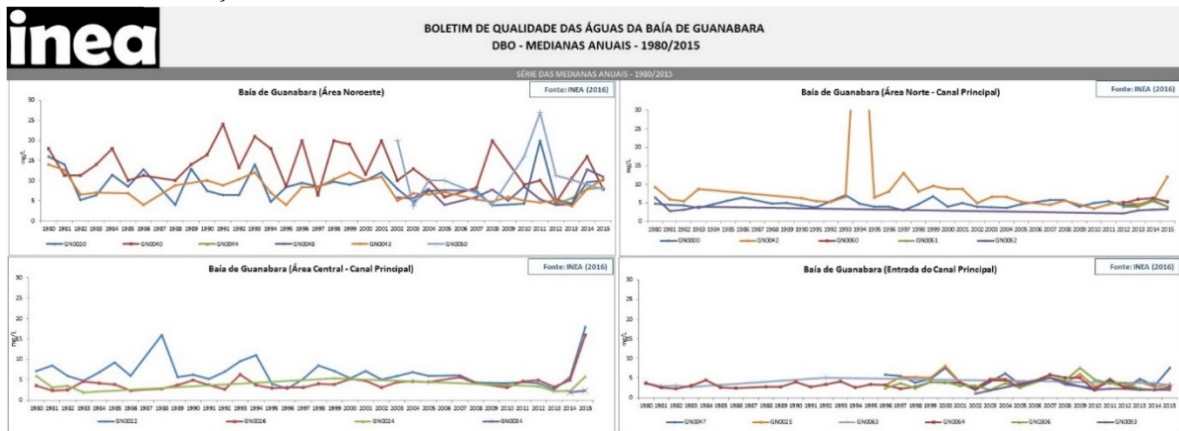
FIGURA 7.16. MEDIANAS ANUAIS DE 1980 A 2015 PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG/L) EM TODAS AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO NOROESTE, NORTE, ÁREA CENTRAL E ENTRADA DA BAÍA.



Fonte: INEA/GEAG, 2016.

**Demanda biológica de oxigênio (DBO)**

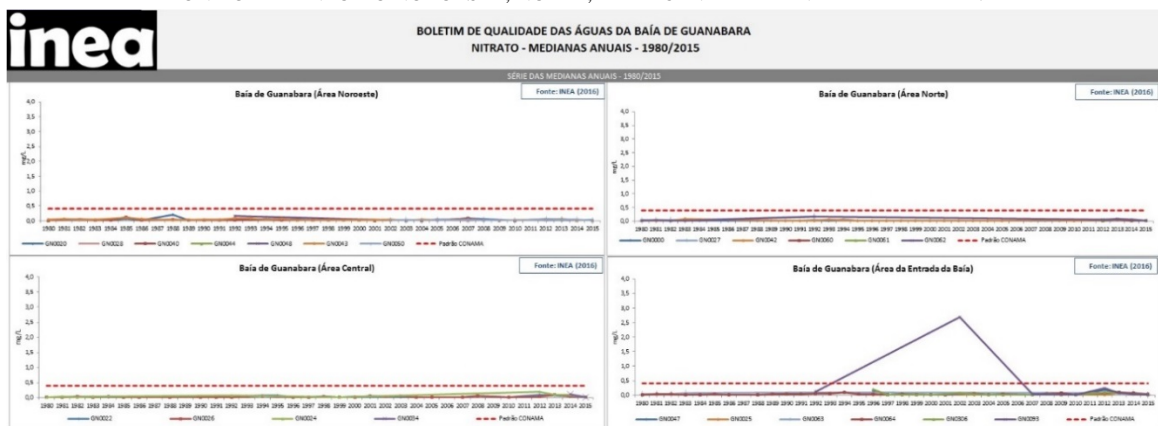
FIGURA 7.17. MEDIANAS ANUAIS DE 1980 A 2015 PARA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO (MG/L) EM TODAS AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO NOROESTE, NORTE, ÁREA CENTRAL E ENTRADA DA BAÍA.



Fonte: INEA/GEAG, 2016.

**Nitratos**

FIGURA 7.18. MEDIANAS ANUAIS DE 1980 A 2015 PARA NITRATOS (MG/L) EM TODAS AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO NOROESTE, NORTE, ÁREA CENTRAL E ENTRADA DA BAÍA.

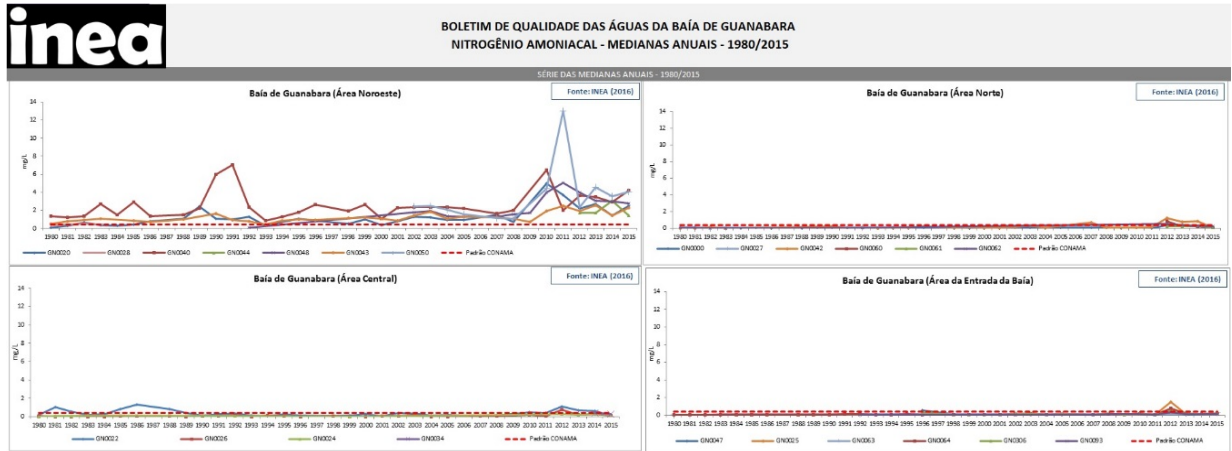


Fonte: INEA/GEAG, 2016



## Nitrogênio amoniacal

FIGURA 7.19. MEDIANAS ANUAIS DE 1980 A 2015 PARA NITROGÊNIO AMONICAL (MG/L) EM TODAS AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO NOROESTE, NORTE, ÁREA CENTRAL E ENTRADA DA BAÍA DE GUANABARA.



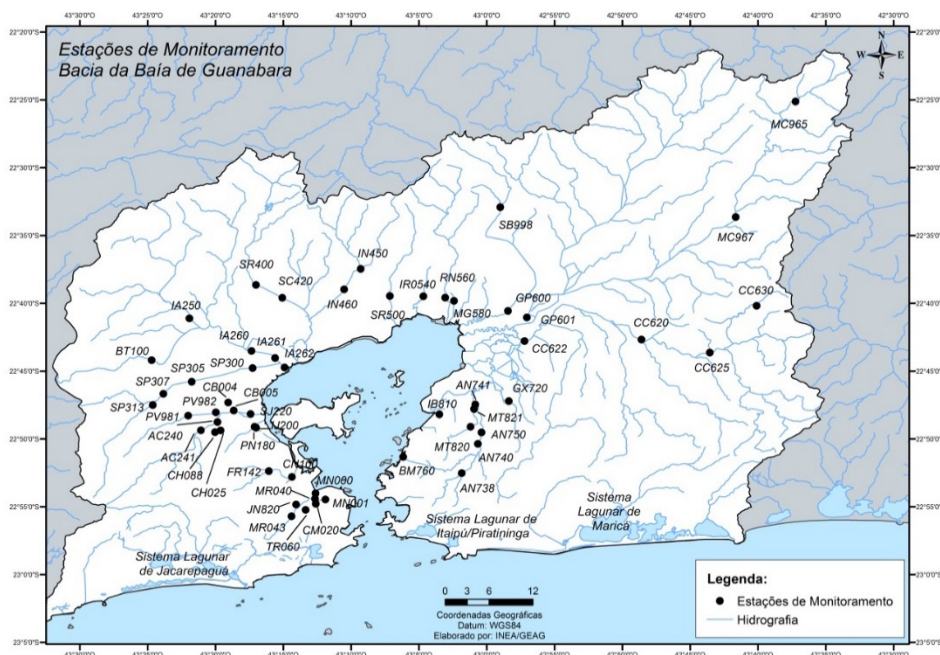
Fonte: INEA/GEAG, 2016.

### MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA

A rede de monitoramento na bacia da Baía de Guanabara possui 55 estações de monitoramento localizadas de acordo com a Figura 3.28. As amostras coletadas nessas estações são principalmente testadas pelo INEA para oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), coliformes termotolerantes, fósforo total, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos, temperatura ar/água, ortofosfatos, fitoplânctons, fenóis, cianetos e metais (cobre, ferro, arsênio, mercúrio, zinco, cromo, chumbo, cádmio) (INEA-DIGAT/GEAG, 2015).

A frequência de amostragem varia de parâmetro para parâmetro. Parâmetros como OD, DBO, coliformes termotolerantes, turbidez, pH, condutividade, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, fósforo total, ortofosfatos e sólidos totais dissolvidos são analisados com uma frequência trimestral. Metais, fenóis e cianetos são medidos semestralmente (INEA-DIGAT/GEAG, 2015).

FIGURA 7.20. ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA.



Fonte: INEA-DIGAT/GEAG, 2015.

Para avaliar as condições ambientais das águas dos rios na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara geralmente se aplica o Índice de Qualidade das Águas da *National Science Foundation* (NSF), criado na década de 70 com participação de especialistas e pesquisadores americanos. O  $IQA_{NSF}$  consolida nove parâmetros de qualidade das águas em um único valor. Esses nove parâmetros são OD, DBO, fósforo total, nitratos, pH, turbidez, sólidos dissolvidos totais, temperatura ar/água e coliformes termotolerantes (INEA-DIGAT/GEAG, 2015).

O  $IQA_{NSF}$  se baseia no cálculo de médias ponderadas que consideram os valores brutos de cada parâmetro e os pesos específicos determinados para cada parâmetro. Mais informação sobre o Índice de Qualidade das Águas da NSF estão no Anexo 4. Segue abaixo nas Figuras 7.21, 7.22 e 7.23, o produto final da aplicação deste índice com os resultados consolidados para os anos de 2013, 2014 e 2015 em cada estação de monitoramento nos rios da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara.

FIGURA 7.21 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA NSF 2013 – BACIA DA BAÍA DE GUANABARA.

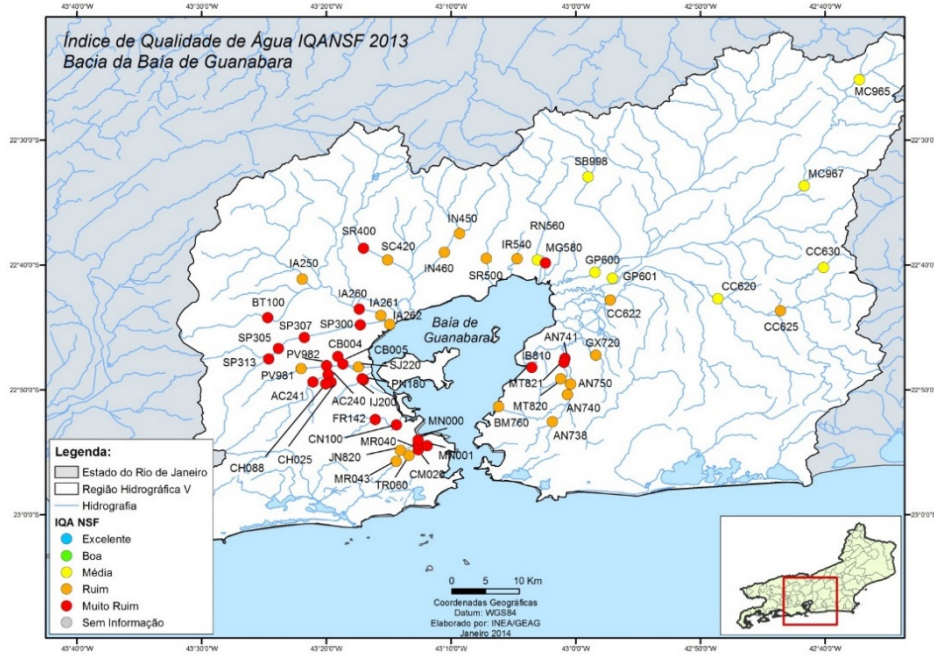


FIGURA 7.22. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA NSF 2014 – BACIA DA BAÍA DE GUANABARA.

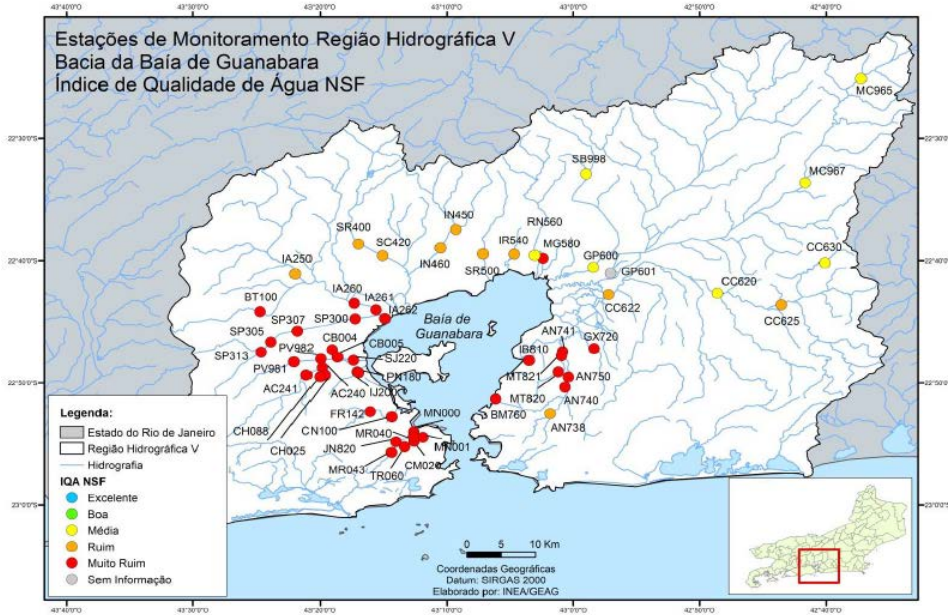
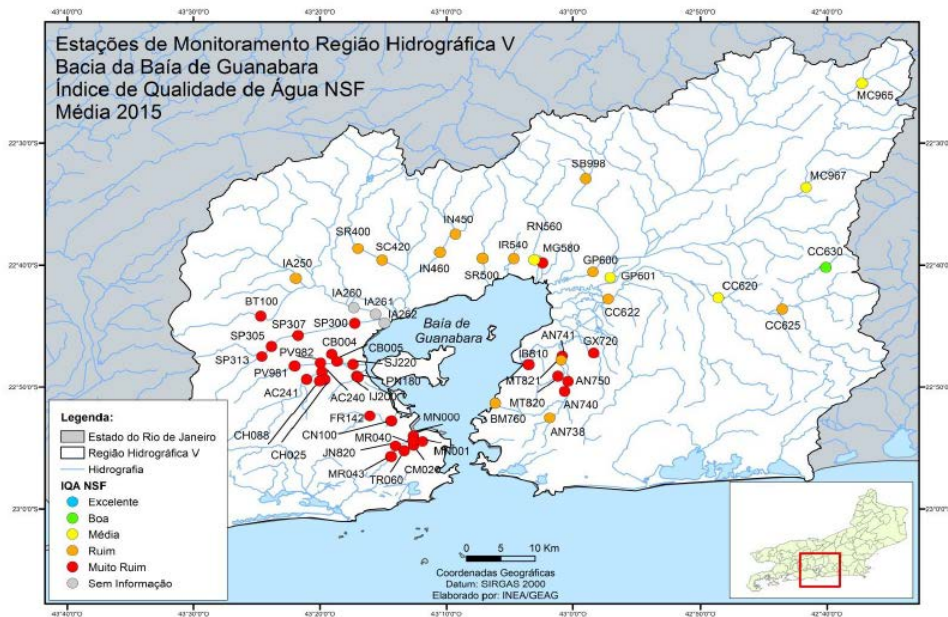


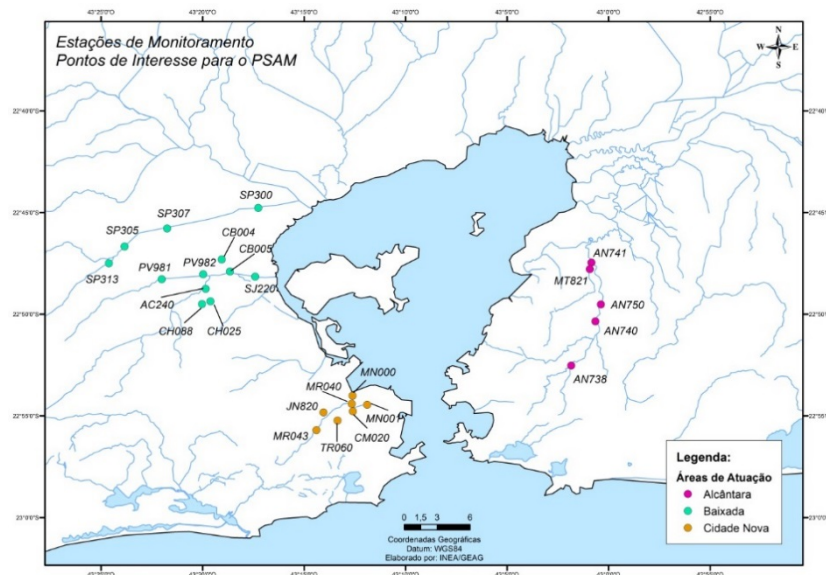
FIGURA 7.23. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA NSF 2015 – BACIA DA BAÍA DE GUANABARA.



As informações mais recentes encontradas junto ao INEA, no mapa de 2015 da Figura 7.23, mostram que para as 55 estações de monitoramento de qualidade da água dos rios da bacia hidrográfica, apenas quatro estações foram classificadas como tendo um médio valor do  $IQA_{NSF}$  e apenas uma mostrou uma qualidade boa de  $IQA_{NSF}$ . Todas as outras estações, com exceção das três estações que não possuem informações disponíveis, demonstraram um Índice de Qualidade da Água ruim ou muito ruim. Esses resultados são um outro indicativo que a saúde ambiental da Baía é completamente dependente da saúde ambiental da sua bacia hidrográfica como um todo.

Um monitoramento ambiental deve ser capaz de avaliar as tendências e alterações ao longo do tempo em uma área estudada em ordem para dar suporte aos planejamentos e resultados de ações e obras ambientais futuras. De fato, em relação à qualidade da água, é importante monitorar e avaliar os resultados da implementação de obras de saneamento, mais especificamente em corpos d'água adjacentes às áreas que recebem essas intervenções (COELHO, 2007). Baseado nessas premissas, o UEPSAM propôs ao INEA o monitoramento dedicado em 20 estações localizadas em regiões da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara que estão recebendo intervenções estruturais do Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios no entorno da Baía de Guanabara. Essas intervenções são as melhorias no sistema de esgotamento de Alegria e Pavuana e a implementação do Sistema Alcântara. As estações de monitoramento que serão mais cuidadosamente monitoradas podem ser observadas na Figura 7.24.

FIGURA 7.24. ESTAÇÕES QUE TERÃO MONITORAMENTO DEDICADO POIS SE ENCONTRAM EM ÁREAS AONDE O UEPSAM ESTÁ CONDUZINDO OBRAS DE SANEAMENTO.



Fonte: INEA-DIGAT/GEAG, 2015.

Para medir os impactos para a qualidade das águas das obras conduzidas no âmbito do PSAM é essencial desenvolver metodologias de monitoramento para avaliar as tendências da qualidade das águas em curto, médio e longo prazos. A extinta FEEMA também começou a realizar tipo similar de monitoramento para avaliar as melhorias na qualidade das águas que seriam esperadas na primeira fase do PDBG. Porém as séries históricas tiveram lacunas significantes devido a um monitoramento que não obedeceu os requerimentos básicos de um processo de monitoramento consistente, que são regularidade, constância e coerência na coleta de amostras e nos procedimentos laboratoriais (COELHO, 2007).

Mesmo com essas lacunas no sistema de monitoramento, um monitoramento foi conduzido para avaliar os impactos do PDBG sobre a qualidade das águas da Baía. A metodologia estatística desenvolvida para o monitoramento mostrou melhorias mínimas para a qualidade das águas das praias internas, tais como as praias localizadas na Ilha de Paquetá, o que pode ser explicado pela baixa eficiência das estações de tratamento de esgotos implementadas na fase inicial do PDBG. Análises de tendência em outras estações de monitoramento na Baía também mostraram que o canal central da Baía em especial, mesmo sujeito a renovações de água mais frequentes, começou a mostrar sinais de degradação (COELHO, 2007).

Uma metodologia de monitoramento da qualidade das águas para a Baía de Guanabara e sua Bacia Hidrográfica deve levar em consideração não apenas parâmetros associados aos problemas de eutroficação e carga orgânica em virtude dos lançamentos de esgotos, que já são problemas altamente evidenciados e comprovados na região, mas também focar na poluição industrial, vazamento de óleo, e substâncias tóxicas. É essencial também considerar a bacia hidrográfica ao invés de apenas a Baía, porque as

principais causas da deterioração da qualidade das águas da Baía estão completamente associadas com a poluição proveniente dos rios e do continente, através do escoamento de águas superficiais e aporte de rios consideravelmente poluídos.

### **Referências da Seção**

BVRIO/FUNBIO. **Sistemas de cotas negociáveis e o controle de efluentes industriais na Baía de Guanabara – Estudo de Viabilidade**. Rio de Janeiro, 2013. 100 p.

CHESAPEAKE BAY PROGRAM WEBSITE. **Dissolved Oxygen**. Disponível em: <<http://www.chesapeakebay.net/discover/bayecosystem/dissolvedoxygen>>. Acesso em 20 de nov., 2015.

COELHO, V. **Baía de Guanabara: Uma história de agressão ambiental**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2007. 278 p.

CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR. **Plano diretor de recursos hídricos da região hidrográfica da Baía de Guanabara. Relatório Final**. Rio de Janeiro, 2005.

CRUZ, C.; TEIXEIRA, A.; BARROS, R.; ARGENTO, M.; MAYR, L.; MENEZES, P. **Carga Antrópica da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara**. UFRJ. Rio de Janeiro. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 99-109.

DAVIS, M.; CORNWELL, D. **Introduction to Environmental Engineering**. Mc Graw Hill. 4<sup>th</sup> Edition. 2008. 1008 p.

EPA WEBSITE. **Water Monitoring and Assessing Water Quality**. Disponível em: <<http://water.epa.gov/type/watersheds/monitoring/index.cfm>>. Acesso em 20 de nov., 2015.

FISTAROL, G.; COUTINHO, F.; MOREIRA, A.; VENAS, T.; CÁNOVAS, A.; DE PAULA JR, S.; COUTINHO, R.; DE MOURA, R.; VALENTIN, J.; TENENBAUM, D.; PARANHOS, R.; DO VALLE, R.; VICENTE, A.; FILHO, G.; PEREIRA, R.; KRUGER, R.; REZENDE, C.; THOMPSON, C.; SALOMON, P., THOMPSON, F. **Environmental Conditions of Guanabara Bay, Rio de Janeiro**. *Frontiers in Microbiology*, 2015.

INEA-DIGAT/GEAG. **Boletim consolidado de qualidade das águas da Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara 2013**. Rio de Janeiro, 2013.

INEA-DIGAT/GEAG. **Boletim consolidado de qualidade das águas da Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara – Bacia da Baía de Guanabara 2014**. Rio de Janeiro, 2014.

INEA-DIGAT/GEAG. **Boletim consolidado de qualidade das águas da Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara – Bacia da Baía de Guanabara 2015**. Rio de Janeiro, 2015.

INEA-DIGAT/GEAG. **Monitoramento da Qualidade das Águas Baía de Guanabara e da Bacia da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro, 2015.

JONES, B. **Oxygen – The Most Important Water Quality Parameter?** Water Column (Indiana Department of Environmental Management), spring 2011, vol. 23, n.1.

LIMA, E. (2006). **Qualidade de água da Baía de Guanabara e saneamento: uma abordagem sistêmica**. UFRJ. Rio de Janeiro. 183p. (Tese de Doutorado).

MASTERS, G. **Introduction to Environmental Engineering and Science**. New Jersey: Prentice Hall. 1997. 2<sup>nd</sup> Edition. 651 p.

OLIVEIRA, A. **Cronologia da Deposição de Metais Pesados Associados aos Sedimentos da Baía de Guanabara**. PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2009. 134 p. Dissertação de Mestrado.

PCI – PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL. **The Study on Management and Improvement of the Environmental Conditions of Guanabara Bay in Rio de Janeiro, The Federative Republic of Brazil**. JICA - JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. Main Report, October 2003.

PETROBRAS. **Avaliação Ambiental Estratégica do Programa de Investimentos da Petrobras na Área de Abrangência da Baía de Guanabara – PLANGAS, GNL e COMPERJ**. Rio de Janeiro, 2009.

PETROBRAS. **Baía de Guanabara : Síntese do Conhecimento Ambiental – Ambiente e Influência Antrópica**. Rio de Janeiro, 2012.

SACHETTO, J. **Análise da qualidade ambiental do rio Roncador, Magé – RJ**. UERJ. Rio de Janeiro, 2012. 84 p. Dissertação de Mestrado.

SCHEEFER, M. **Uma avaliação do controle industrial do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara: o caso das 55 indústrias prioritárias**. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2001. 187 p. Dissertação de Mestrado.