

Uma estratégia otimizada para diagnosticar a qualidade das águas da enseada estuarina Saco da Mangueira (Rio Grande/RS), que recebe aportes antrópicos

Maria da Graça Zepka Baumgarten*, Vivian Freitas Aguiar,
Vitória Gonçalves, Júlia Dasso da Costa

Laboratórios de Ensino em Oceanografia Química e de Hidroquímica, Instituto de Oceanografia,
Universidade Federal do Rio Grande (FURG), www.leoquim.furg.br.

*Autora para correspondência: dqmmgzb@furg.br.

RESUMO

As águas do sul do estuário da Laguna dos Patos margeiam o município de Rio Grande, tendo sido classificadas em diferentes classes de qualidade (FEPAM, 1995). A estratégia de diagnóstico para elas aqui apresentada identifica os locais nas margens onde há lançamento de efluentes. Após, os níveis qualitativos de contaminação de cada efluente e da sua água receptora são caracterizados *in loco* com o uso de um *kit* analítico. Estes locais são mapeados, definindo as áreas representativas para serem posteriormente monitoradas e quais pontos de lançamento de efluentes devem ser fiscalizados com maior frequência. Essa estratégia já foi aplicada em 2015 na enseada estuarina Saco da Mangueira (sul de Rio Grande). Foram destacados 49 locais de lançamento de efluentes com níveis qualitativos de contaminação variando de “fraco a muito forte”. Dentre estes, nos 17 locais onde os efluentes contaminaram significativamente as águas receptoras, foi analisada quantitativamente a qualidade das águas receptoras e dos efluentes. Os resultados destacaram a contaminação por fitonutrientes, essencialmente fosfato, principalmente nas margens eutrofizadas do Distrito Industrial dessa enseada. Este tipo de diagnóstico é uma ferramenta para gestores ambientais e deve ser mantido atualizado nessa enseada e repetido no estuário, na busca da qualidade das suas águas e para que os efluentes estejam em conformidade com as recomendações legais.

Palavras-chave: diagnóstico, efluentes, estuário da Laguna dos Patos, Saco da Mangueira.

An optimized strategy to diagnose the water quality of the Saco da Mangueira estuary inlet (Rio Grande/RS), which receives anthropogenic inputs

ABSTRACT

The southern waters of the Laguna dos Patos estuary border the municipality of Rio Grande, being classified into different quality classes (FEPAM, 1995). The diagnostic strategy for them presented here identifies the places on the banks where there is effluent discharge. Afterwards, the qualitative levels of contamination of each effluent and its receiving water are characterized *in loco* using an analytical kit. These locations are mapped, defining the representative areas to be monitored later and which effluents need further inspection. This strategy was applied in 2015 in the Saco da Mangueira estuary inlet (south of Rio Grande). Were highlighted forty-nine effluent discharge sites with qualitative levels of contamination ranging from “weak to very strong”. Among these, in the 17 places where the effluents significantly contaminated the receiving waters, the quality of the receiving waters and effluents was quantitatively analyzed. The results highlighted the contamination by phytonutrients, essentially phosphate, mainly in the eutrophic margins of the Industrial District of this inlet. This type of diagnosis is a tool for environmental managers and must be kept up to date in this inlet and repeated in the estuary, in order to ensure that the quality of its water complies with legal recommendations.

Keywords: diagnosis, effluents, Laguna dos Patos estuary, Saco da Mangueira, water pollution

Introdução

É necessário o investimento em projetos e em ações de gestão e monitoramento das águas, em especial quando estas têm atividades pesqueiras e recebem aportes antrópicos. Isso é reforçado em ambientes hídricos submetidos a processos de classificação e enquadramento de suas águas em diferentes e individuais “Classes de Qualidade” segundo seus usos e vocações. O monitoramento restrito à avaliação da qualidade das águas não necessariamente identifica as causas de possíveis desconformidades legais ou de contaminações.

Estes aspectos reforçam a utilidade da estratégia aqui proposta, que otimiza o diagnóstico da qualidade das águas e de suas possíveis fontes de contaminação.

Este diagnóstico identifica:

- onde tem efluentes clandestinos e oficiais sendo lançados em margens (mapeamento georreferenciado);
- em termos qualitativos, quais deles são contaminados e contaminam as águas receptoras e assim, necessitam de incrementos em fiscalização e cobrança da otimização de seus tratamentos antes de serem lançados;
- quais as áreas do ambiente hídrico são as prioritárias e representativas para o monitoramento da qualidade de suas águas. Os dados assim obtidos nos efluentes e nas águas receptoras dos mesmos devem ser avaliados quanto aos seus níveis de conformidade legal.

Sabendo os tipos e possíveis origens de efluentes lançados em cada área, fica facilitada a seleção dos parâmetros a serem analisados nos monitoramentos. Isso otimiza o processo do controle e da fiscalização da qualidade das águas e da busca de **“se ter a qualidade que deveria ter”**.

Este artigo apresenta a aplicação “piloto” dessa estratégia em 2015 na enseada estuarina Saco da Mangueira, que fica ao sul do município de Rio Grande (cerca de 200.000 hab.), no sul do estuário da Laguna dos Patos (Figura 1).

A base para a escolha dessa área foi que, no processo de classificação das águas do sul do estuário, ela foi classificada como Classe B de águas salobras (FEPAM, Norma Técnica nº 03, aprovação: Portaria nº 07, SSMA, 1995). Nas águas dessa classe somente “serão tolerados lançamentos de efluentes, desde que além de atenderem aos padrões legais de emissão, não venham a fazer com que os limites de concentrações estabelecidos para esta classe sejam ultrapassados”.

O lançamento de efluentes nas margens de Rio Grande é favorecido pela forma peninsular da cidade, que é banhada por águas estuarinas. A sua Rede de Esgotamento Sanitário (RES) abrange apenas entre 27 e 33% da cidade (ENGEPLUS, 2013) e é inadequada ao seu tamanho e desenvolvimento. A necessária expansão desta RES está prevista para atingir em torno de 50 a 60% da população (Prefeitura de Rio Grande, 2018).

Segundo informações obtidas diretamente na FEPAM em 2020, apesar das águas do sul do estuário da Laguna dos Patos já estarem classificadas, o processo

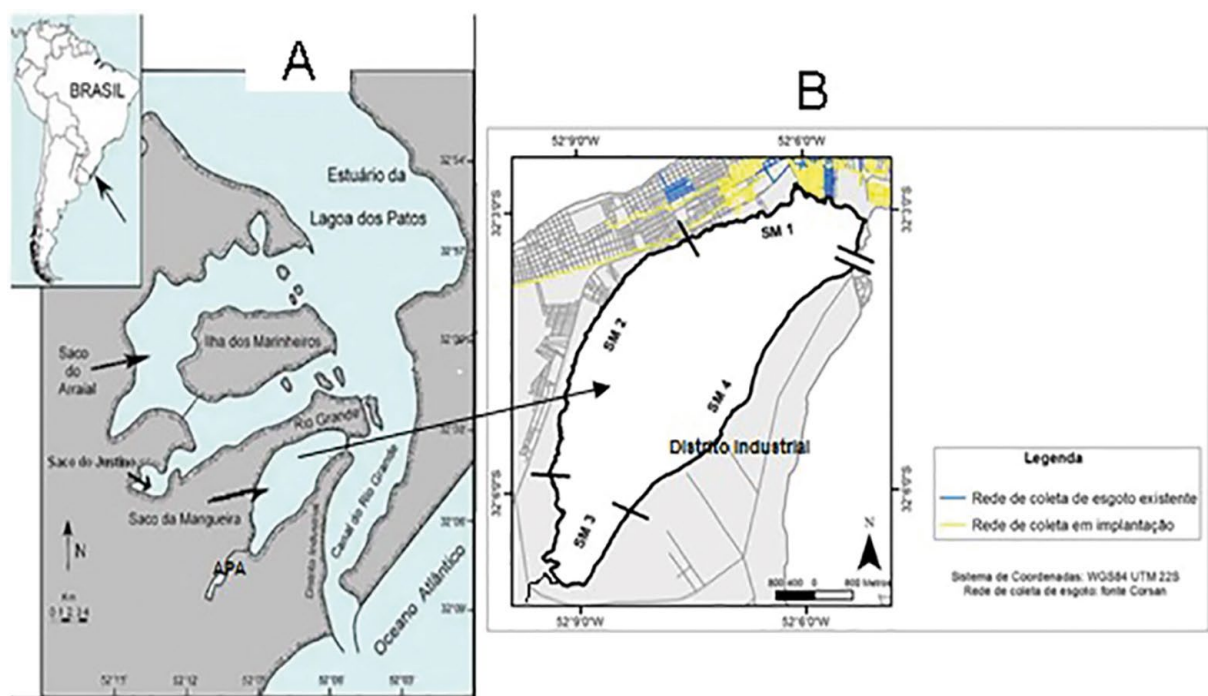


Figura 1 – A: Sul do estuário da Lagoa dos Patos; B: Rio Grande, sua rede de coleta de esgotos (fonte dos dados: CORSAN, 2014) e o Saco da Mangueira com as 4 áreas diagnosticadas (SM1, SM2, SM3 e SM4).

dos seus enquadramentos não está efetivado. A justificativa foi que isso ocorreria somente após a publicação da Resolução aprovando este enquadramento por parte do Conselho de Recursos Hídricos (CRH/RS), quando seria possível verificar o cumprimento das metas intermediárias vinculadas a esse processo.

Portanto, o diagnóstico completo destas águas e dos aportes de efluentes, conforme aqui proposto, é indispensável para a efetivação do enquadramento, podendo ser usado como ferramenta para o cumprimento das metas propostas para tal.

Área “piloto” diagnosticada: enseada Saco da Mangueira

O Saco da Mangueira é viveiro de espécies comercializáveis, sendo área de pesca artesanal. Esta enseada é semifechada com uma profundidade média de 1,5m no eixo e menos de um metro nas margens, com uma área de 27km².

Uma das extremidades da enseada está interligada com o Canal do Rio Grande, que fica no eixo do estuário, que é área portuária. A outra extremidade está interligada às águas da Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde, as quais foram classificadas como Classe Especial destinada à preservação.

A hidrodinâmica do Saco da Mangueira é diretamente relacionada à do eixo do estuário, que é influenciada por ventos e chuvas ocorrentes. Quando o estuário está em regime de vazante para o oceano, a salinidade da enseada é baixa. Em regime de enchente no estuário, há a entrada de água costeira na enseada e aumento da salinidade (Baumgarten, 2010).

Metodologia da estratégia de diagnóstico proposta

As etapas da aplicação desta estratégia foram as seguintes:

Etapla 1: digitalização e mapeamento da Rede de Esgotamento Sanitária de Rio Grande. Dados obtidos na CORSAN (Companhia de Saneamento de Rio Grande) (Figura 1).

Etapla 2: realizada *in loco*. Com um barco, a equipe percorreu toda a margem do Saco da Mangueira. Para esse diagnóstico, a enseada foi avaliada em quatro áreas sequenciais, cuja divisão foi baseada nos diferentes tipos de ocupação de margem e possíveis aportes antrópicos ou não (Figura 1):

- **Área SM1** –margem urbanizada de Rio Grande, indo desde entrada da enseada (ligação com o Canal do Rio Grande) até o final da maior concentração da urbanização desta margem;
- **Área SM2** – também fica na margem da cidade, mas em área menos central, se estendendo na direção do fundo da enseada. Possui menos aglomeração urbana, mas com vários condomínios residenciais e prédios comerciais nas margens;
- **Área SM3** – fundos da enseada, em área sem urbanização significativa nas margens. Recebe o deságue do Arroio Vieira e se comunica com o Canal São Simão, que é a entrada da Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde (APA),
- **Área SM4** – oposta à da área SM1. Abrange a margem da área do Distrito Industrial (DI) até a entrada do Saco da Mangueira.

Dentre as atividades realizadas na Etapa 2, inicialmente, a equipe embarcada identificou cada local onde escoava água na margem (“efluente”). Observou suas características ecológicas e geográficas. Fez a documentação fotográfica e o georreferenciamento do local com um GPS GARMIN portátil Modelo Etrex® 10X com margem de erro de $\pm 3,65\text{m}$ (12 pés).

Os efluentes foram caracterizados assim:

- **Pluvial:** lançado por emissário de concreto implantado pela prefeitura, ou por valetas de escoamento. Sem características visuais de contaminação, mesmo em épocas de chuvas.
- **Industrial:** lançado em margem precedida por atividades industriais, com emissão de líquido com características de ser, ou conter compostos típicos do processo industrial da região;
- **Doméstico:** lançamento oficial ou clandestino de efluentes lançados em margem habitada, com emissão de: líquidos escurecidos; resíduos de gorduras; detritos como fezes e outros materiais orgânicos em decomposição, e gases fétidos;
- **Fluvial:** deságue no Saco da Mangueira de arroios, afluentes ou de córregos naturais que drenam ambientes hídricos presentes na região e, visualmente sem contaminação.

Todas as informações obtidas em cada local de lançamento de efluentes e os resultados analíticos feitos em cada amostra foram tabelados. Cada um destes lo-

cais foi identificado na tabela com um número sequencial, que deve ser o mesmo apresentado posteriormente no mapa georreferenciado onde o local em questão será plotado. Essa mesma numeração entre tabela e mapa facilitou a associação entre a posição de cada local no mapa e suas caracterizações apresentadas na tabela.

Para as amostragens de cada efluente e de sua água de margem receptora, a equipe emitiu de dentro do barco uma estrutura tipo “braço de madeira” de cerca de 2 metros de comprimento com um amostrador na ponta (Figura 2). Esse aparato permite que a equipe embarcada amostre o ambiente receptor do efluente sem interferências da ressuspensão de sedimentos e de partículas superficiais. Esta ressuspensão pode ser causada pela movimentação do barco ou quando a equipe pisoteia o substrato para coletar as amostras em águas rasas.

Além disso, esse amostrador foi planejado para ser inserido dentro da estrutura por onde escoam os efluentes (emissários, canos, valetas), permitindo a coleta do efluente antes do seu deságue. Imediatamente após obtida cada amostra, nela foi medido o pH e a salinidade usando-se um potenciômetro e um condutivímetro digital. Foi avaliada a profundidade da água receptora de cada efluente.

Noutra alíquota de cada amostra foi avaliado o seu nível qualitativo de contaminação. Para tanto, foi usado um *kit* analítico (Figura 3) montado pela equipe desse trabalho, que dosa quimicamente por método colorimétrico os níveis de contaminação da amostra por fósforo. Esse elemento é assim usado como quimiocolorimétrico de contaminação da água por aportes antrópicos ricos em matéria orgânica em decomposição e resíduos de processamento e uso de fertilizantes. O resultado do nível qualitativo de contaminação da água é obtido *in loco*, após cerca de quinze minutos da reação entre os reagentes e a amostra analisada.

Os componentes do *kit*, armazenados em uma caixa são:

- um frasco com uma mistura de 4 reagentes previamente preparados num laboratório de química, segundo procedimentos descritos em Baumgarten *et al.* (2010). Eles são estocados sob refrigeração. Os reagentes são:



Figura 2 – Amostrador utilizado para as amostragens dos efluentes lançados nas margens e das suas águas receptoras (fonte: autoras).

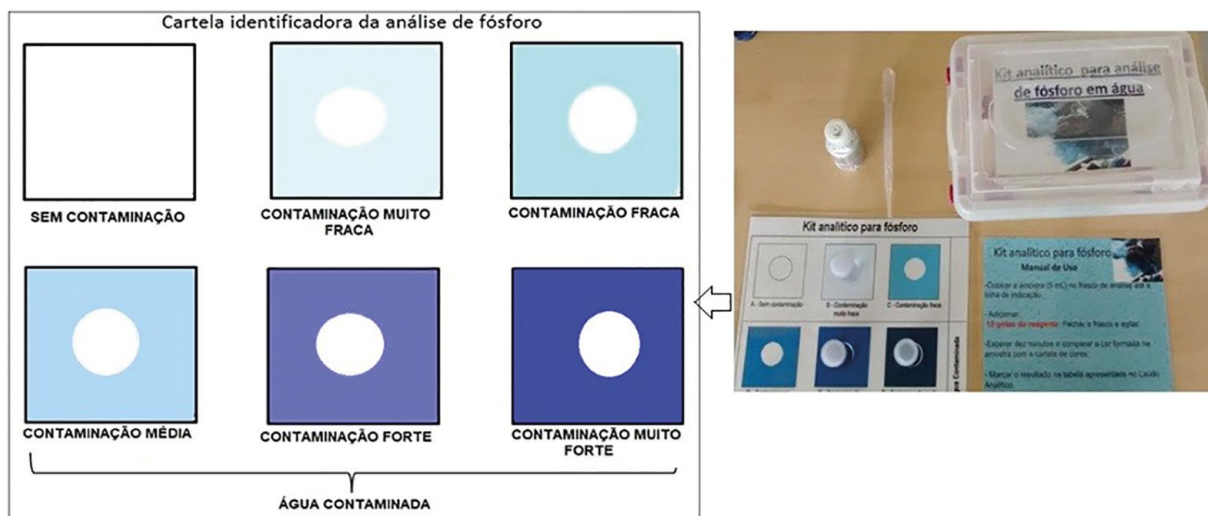


Figura 3 – Cartela identificadora dos níveis de contaminação da amostra e o *kit* analítico qualitativo de fósforo em águas. Componentes: caixa armazenadora, manual de uso; frasco da mistura de reagentes; pipetador; cartela de cores e frascos para colocar as amostras. Sobre a cartela estão amostras reagidas (fonte: autoras).

R1= molibdato de amônio (15g/500 ml de água destilada ou AD); R2= ácido sulfúrico 5N; R3=Ácido ascórbico (27 g/500 ml de AD); R4= antimônio tartarato de potássio (0,34g/250 ml de AD). A mistura destes reagentes que deve ser feita a cada dia de uso do *kit*, pois se conserva por poucas horas. Ela é feita nas proporções: 50 ml de R1; 125 ml de R2; 50 ml de R3 e 25 ml de R4. Na reação, a proporção de volume entre cada amostra e a mistura adicionada é de 10/1 ml;

- um manual didático de uso do *kit* e do preparo dos reagentes;
- pequenos frascos para colocar cada amostra e neles processar a reação após a adição da mistura de reagentes;
- uma cartela impressa com a tabela contendo 6 diferentes tons de azul. Cada tom identifica um nível de contaminação da amostra analisada (Figura 3).

Após a reação na amostra, se ela tem fósforo, forma-se um composto azul (fosfomolibdato reduzido), cuja intensidade da cor é proporcional à concentração de fósforo ou a sua contaminação. Depois, compara-se a amostra colorida com os tons de azul mostrados na cartela, identificando o nível qualitativo da contaminação por compostos fosfáticos.

Etapa 3: realizada posterior às coletas e à obtenção *in loco* de dados da identificação dos locais de lançamento de efluentes. Cada local de lançamento de efluente foi plotado no mapa georreferenciado da margem, usando-se os dados de latitude e longitude. Foi utilizado um *software* para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com código fonte aberto, que permite a visualização de dados georreferenciados. O programa é QGIS (<https://qgis.org/en/site/>. Acesso: fev. 2021).

No mapa, cada local foi identificado pelo seu número (mesmo da tabela) e por círculos: um representa o efluente e o outro a água receptora. Cada círculo é colorido no tom azul identificador do seu nível de contaminação.

Etapa 4: consistiu na avaliação quantitativa dos efluentes contaminados que contaminam a água receptora da margem e na avaliação dessa água. Para tanto, a equipe retornou com o barco no ambiente avaliado. Em cada local onde essa situação foi identificada, foram obtidas amostras do efluente e da sua água de margem receptora. Nessa etapa, para que a amostragem da água receptora fosse mais representativa das águas da enseada, o barco foi deslocado para cerca de 3 a 5 metros do deságue do efluente, e assim foi obtida a amostra, sempre usando o amostrador tipo “braço de madeira”. No Saco da Mangueira, nessa distância de afastamento da margem, a profundidade e a hidrodinâmica gradativamente aumentam, resultando em maior diluição do efluente lançado.

Em cada amostra, imediatamente após a coleta foram avaliados o pH, a salinidade e a temperatura. As amostras destinadas às análises do oxigênio foram fixadas para posterior análise. As amostras coletadas para outros parâmetros foram individualmente armazenadas e preservadas até suas análises.

Além dos parâmetros básicos feitos *in loco*, foram posteriormente avaliados outros importantes indicadores de contaminação por aportes de matéria orgânica urbana (esgotos domésticos) ou aportes de indústrias de fertilizantes e de processamento de grãos vegetais. Essa escolha foi baseada em que estas são as potenciais fontes de contaminação das águas de margem no Saco da Mangueira (Aguilar, 2015).

Em cada amostra foram analisados os parâmetros:

- DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias): indica os níveis de matéria orgânica biodegradável na amostra;
- fitonutrientes dissolvidos nitrogênio amoniacal (somatório do amônio mais o gás amônia – expressado como N-NH₄⁺), nitrito (N-NO₂⁻) e fosfato (P-PO₄³⁻): produzidos na decomposição da matéria orgânica de origem urbana ou industrial, ou aportados para o ambiente por emissões não tratadas de indústrias de fertilizantes. O fosfato pode também ter origem da redissolução de sedimentos ou de partículas fosfáticas naturais ou antrópicas (Baumgarten, 2010).
- gás amônia (NH₃): tóxico para a biota;
- material em suspensão (MS): indica a turbidez;
- bactérias *Escherichia coli* (*E. coli*): biondicadoras de aportes fecais recentes.

Os métodos analíticos estão descritos em Baumgarten *et al.* (2010), sendo: volumetria para oxigênio e DBO; espectrofotometria na faixa visível para os fitonutrientes e gravimetria para o material em suspensão. A amônia foi calculada a partir do resultado do nitrogênio amoniacal, considerando dados de temperatura, salinidade e pH de cada amostra. As bactérias foram analisadas apenas qualitativamente com um *kit* qualitativo COLItest (LKP Produtos para Diagnósticos Ltda).

Etapa 5: após análises das amostras, os resultados foram tabelados por local de coleta e comparados com os limites recomendados pelas legislações: Resolução n° 430 do CONAMA (2011) para efluentes. Para as águas do ambiente,

os resultados foram comparados com a Resolução nº 357 do CONAMA (2005). Isso se baseou em que, essa resolução, em seu Capítulo VI, artigo 42 descreve: “enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, as águas salinas e salobras serão consideradas como pertencentes a Classe 1”. Os resultados da água receptora também foram comparados com os limites descritos para alguns poucos parâmetros na Norma Técnica nº 03 da FEPAM (1995), que classificou o Saco da Mangueira como Classe B de águas salobras.

Em sequência, para complementar o diagnóstico aqui apresentado, os dados obtidos em 2015 foram comparados com outros dados mais atuais sobre qualidade das águas do Saco da Mangueira. Para tanto, foi identificada a carência desse tipo de dados na enseada.

Entretanto, existem os dados dos monitoramentos realizados nos anos de 2017 a 2019 nas águas do sul do estado do RS, na Bacia Hidrográfica Mirim/São Gonçalo. Nestes monitoramentos, são amostrados 2 pontos de coletas nas águas da área do Saco da Mangueira (FEPAM, 2021).

Resultados e discussão

Com a execução das **Etapas 1 e 2** da estratégia aqui proposta, foram identificados 64 locais onde havia efluentes sendo lançados. Deste total, 49 locais apresentaram efluentes potencialmente contaminados com níveis qualitativos desde “fraca a muito forte”, conforme indicação pelo *kit* analítico usado nessa avaliação (Figura 4). Dentre estes 49 locais, em 17 locais os efluentes contaminaram a água receptora da margem (**contaminação média a muito forte**). Essa situação é consequência da insuficiente abrangência da rede de coleta de esgotamento sanitário de Rio Grande, principalmente nas margens do Saco da Mangueira (Figura 1).

Especificando estes 49 locais por área (Figura 4):

- **Área SM1:** 21 locais de lançamento de efluentes contaminados: 3 de origem doméstica; 3 de origem industrial e 15 efluentes pluviais com prováveis ligações de esgotos domésticos. Destes 21 locais, em 4 os efluentes contaminaram a água receptora (números 6, 13, 15 e 21: 19,0% do total de efluentes contaminados).
- **Área SM2:** 18 locais de lançamento de efluentes contaminados: 3 de origem doméstica e 15 de origem pluvial com ligações de esgotos domésticos. Destes 18 locais, em 4 os efluentes contaminaram a água receptora (números 37, 41, 42 e 49: 22,2% do total de efluentes contaminados).
- **Área SM3:** sem locais de lançamento de efluentes.
- **Área SM4:** 10 locais de lançamento de efluentes contaminados, caracterizados como afluentes ou desaguadouros (Figura 5) com aportes residuais de indústrias de processamento de grãos vegetais, de fertilizantes, entre outras. Dentre estes locais, em 9 os efluentes contaminaram a água receptora (números 55, 56, 58 a 64: 90% do total de efluentes contaminados).

Portanto, nas áreas SM1 e SM2, marginais à cidade, a maioria dos efluentes lançados contaminados se caracterizaram como ligações clandestinas de esgotos

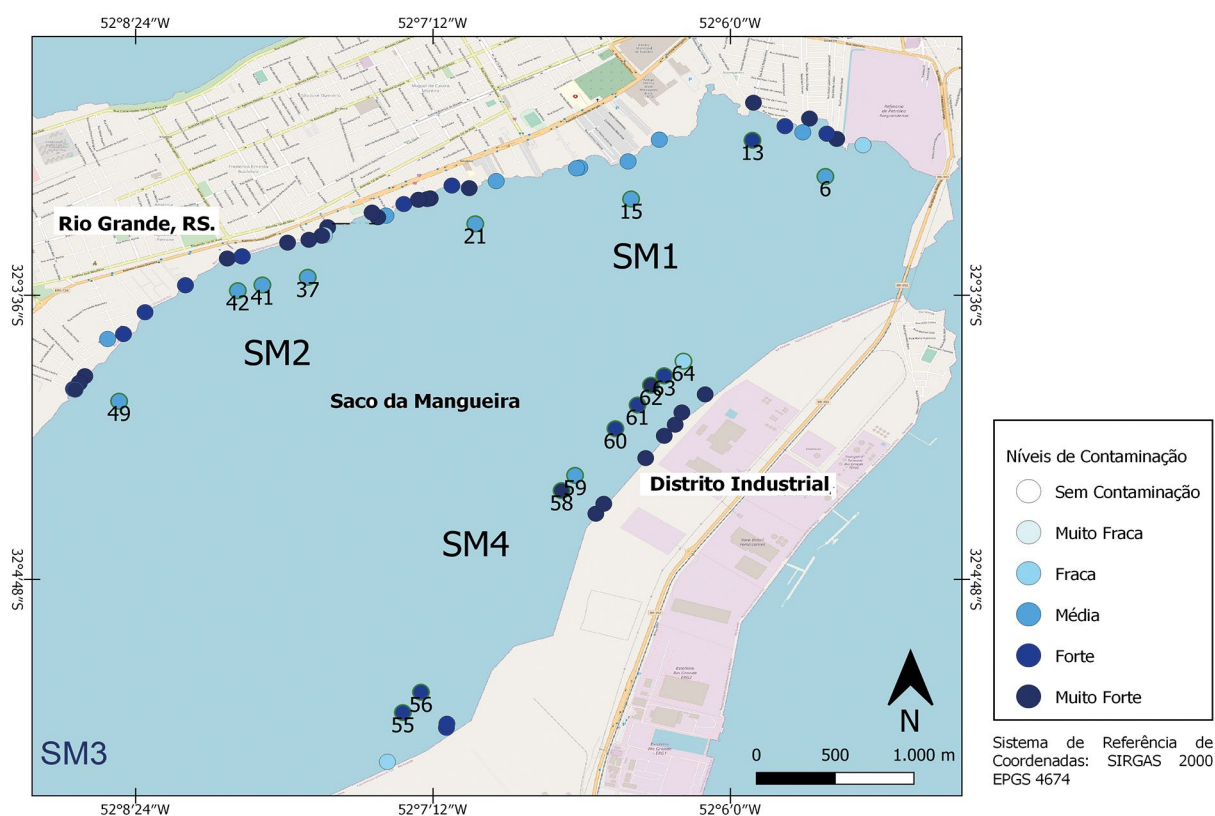


Figura 4 – Enxada Saco da Mangueira (Rio Grande/RS). Pontos plotados nas margens identificam os 49 locais de lançamento de efluentes com níveis de contaminação média até muito forte. Os 17 pontos duplos alinhados em alguns locais, identificados por números, mostram os locais onde os efluentes contaminaram as suas águas receptoras.

Fonte: adaptado de Aguiar, 2015 (obs.: nos locais onde há efluentes muito próximos, os pontos estão sobrepostos).



Figura 5 – Margem da Área SM4 no Saco da Mangueira e desaguadouros desembocando na margem do Distrito Industrial. Em detalhe, a água contaminada acumulada na margem. Fonte: autores.

na rede pluvial municipal e com fraca vazão. Mesmo assim, alguns contaminaram as águas receptoras das margens (4 em cada uma das 2 áreas). A maioria destas ligações irregulares vem de construções, a maioria simples, instaladas nas margens não contempladas com a Rede de Esgotamento Sanitário (Figura 1).

Na área SM4, nos 9 locais de aportes de efluentes que contaminaram as águas receptoras, os desaguadouros aí presentes percorrem as laterais ou nas áreas de fundos das indústrias do Distrito Industrial, até desembocarem no Saco da Mangueira (Figura 5). Oficialmente, estes desaguadouros apenas são afluentes alimentados por águas das chuvas e por afloramentos e drenagens de águas subterrâneas, mas suas contaminações sugerem que recebem efluentes.

Em sequência às Etapas 1 e 2, a Etapa 3 permitiu a avaliação quantitativa no Saco da Mangueira, dos efluentes e das suas águas receptoras de margem dos 17 locais identificados com níveis de contaminação média, forte e muito forte. Assim foram avaliados os 4 locais com estas características em cada uma das Áreas SM1 e SM2 e os 9 locais na Área SM4 (Tabela 1, Figura 4).

Tabela 1 – Saco da Mangueira (Rio Grande/RS): qualidade das águas dos 17 efluentes identificados como contaminados e das suas águas receptoras nas margens (dados: set/outubro. Aguiar, 2015).

EFLUENTES

Locais Número s	Latitude	Longitude	T (°C)	pH	Sal	MS (mg/L)	O2 (mg/L)	Sat. O2 (%)	DBO ₅ (mg/L)	N- NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Área SM1 (efluentes em margem muito urbanizada)													
6	32° 02.940'	052° 05.571'	18	6,7	3,2	57	8,5	91,0	14,2	0,4	0,0005	0,04	0,3
13	32° 02.787'	052° 05.907'	22	6,9	0,7	36	0	0	78,7	2,0	0,0117	0,01	2,3
15	32° 03.035'	052° 06.413'	20	6,8	1,4	4	5,2	57,8	4,3	1,5	0,0071	0,05	0,4
21	32° 03.148'	052° 07.054'	19	6,6	6,4	20	8,3	93,1	7,9	0,3	0,0004	0,04	0,2
Área SM2 (efluentes em margem urbanizada)													
37	32° 03.378'	052° 07.787'	22	6,5	0,7	10	3,6	40,9	10,5	2,3	0,0043	0,13	0,5
41	32° 03.486'	052° 07.970'	21	6,7	1,2	14	3,3	37,4	9,2	2,6	0,0043	0,03	0,4
42	32° 03.436'	052° 07.970'	21	6,7	1,9	12	5,1	57,7	5,2	1,5	0,0025	0,03	0,2
49	32° 03.942'	052° 08.605'	21	7,0	0,3	14	2,4	27,2	39,8	1,3	0,0072	0,27	0,6
Área SM4 (margem do Distrito Industrial)													
55	32° 05.427'	052° 07.146'	22	6,6	0,4	10	3,3	37,5	16,7	2,1	0,0038	0,57	1,2
56	32° 05.410'	052° 07.144'	24	6,7	0,5	8	1,9	23,3	21,5	2,2	0,0046	0,10	1,0
58	32° 04.523'	052° 06.543'	22	6,8	0,4	32	6,1	70,1	4,6	2,7	0,0156	0,76	4,9
59	32° 04.481'	052° 06.511'	21	7,0	1,8	102	7,1	78,4	-	1,1	0,0056	0,13	2,4
60	32° 04.288'	052° 06.342'	24	3,1	1,5	18	5,3	63,3	-	1,3	0,0022	0,00	3,6
61	32° 04.194'	052° 06.267'	25	5,9	1,4	36	9,1	110,8	1,1	3,2	0,0072	0,08	5,5
62	32° 04.147'	052° 06.223'	23	4,5	2,5	110	8,4	100,0	25,7	0,3	0,0005	0,01	5,1
63	32° 04.095'	052° 06.196'	22	5,3	2,3	-	3,2	36,8	7,5	0,4	0,0007	0,08	5,3
64	32° 04.019'	052° 06.102'	24	3,7	4,8	28	3,7	44,9	24,0	26,3	0,0549	0,01	4,8
Legislação sobre lançamento de efluentes													
Resolução do CONAMA n° 430 (2005)			<40	5 a 9						20			
Legislações sobre qualidade de águas													
Resolução do CONAMA n° 357 (2005): Água salobra Classe 1			---	6 a 9	---	---	> 5	---	---	<0,40	---	<0,07	<0,124 como P-total
Norma Técnica n°03, FEPAM (1995): Água salobra Classe B			---	6,5 a 8,5	---	---	>6	---	<3		<0,02	<1	---

ÁGUAS RECEPTORAS

Margem da ÁREA SM 1 (área muito urbanizada)													
Local: número	Latitude	Longitude	T (°C)	pH	Sal	MS (mg/L)	O ₂ (mg/L)	Sat. O ₂ (%)	DBO ₅ (mg/L)	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)
6	32° 02.940"	052° 05.571"	17	6,75	3,3	48	9,3	98,0	0	0,53	0,002	0,03	0,05
13	32° 02.787"	052° 05.907"	24	6,85	0,8	32	0	0	83,4	2,13	0,014	0,01	2,33
15	32° 03.035"	052° 06.413"	19	6,61	4,7	18	7,6	84,4	1,77	0,6	0,001	0,03	0,12
21	32° 03.148"	052° 07.054"	18	6,53	7	16	9,0	99,8	2,95	0,56	0,001	0,02	0,06
Margem da ÁREA SM 2 (área urbanizada)													
37	32° 03.378"	052° 07.787"	22	6,63	2,6	4	7,28	84,5	1,31	0,37	0,0007	0,02	0,17
41	32° 03.436"	052° 07.970"	21	6,73	2,2	6	6,21	70,6	3,82	0,79	0,0013	0,02	0,16
42	32° 03.436"	052° 07.970"	21	6,73	2,2	6	6,21	70,6	3,82	0,79	0,0013	0,02	0,16
49	32° 03.942"	052° 08.605"	22	6,81	0,8	70	3,96	45,5	13,9	0,54	0,0031	0,13	0,41
Margem da ÁREA SM4 (Distrito Industrial)													
55	32° 05.427"	052° 07.146"	22	6,66	0,4	8	4,15	47,5	13,7	2,16	0,004	0,5	1,15
56	32° 05.410"	052° 07.144"	26	6,81	0,5	32	3,31	41,0	24,4	2,21	0,0173	0,05	1,27
58	32° 04.523"	052° 06.543"	23	6,65	1,1	44	8,6	101,0	2,14	3,14	0,0061	0,23	2,8
59	32° 04.481"	052° 06.511"	24	7,04	1,4	46	8,87	106,3	3,49	0,99	0,0065	0,1	0,57
60	32° 04.288"	052° 06.342"	25	6,27	1,4	44	8,5	103,9	0	0,67	0,0015	0,06	0,74
61	32° 04.194"	052° 06.267"	25	6,66	1,4	58	9,38	114,7	1,61	0,51	0,0011	0,05	0,49
62	32° 04.147"	052° 06.223"	24	6,52	1,3	42	8,23	98,6	0,54	2,47	0,0052	0,07	3,19
63	32° 04.095"	052° 06.196"	24	6,59	1,4	46	6,31	75,7	3,49	1,33	0,0028	0,07	1,15
64	32° 04.019"	052° 06.102"	23	6,41	1,3	58	9,16	107,7	3,22	1,87	0,0036	0,05	2,44
Legislações sobre qualidade de águas													
Resolução do CONAMA nº 357 (2005) Água salobra Classe 1			---	6 a 9	---	---	>5	---	---	<0,40	---	<0,07	<0,124 como P-total
Norma Técnica nº 03, FEPAM (1995) Água salobra Classe B			---	6,5-8,5	---	---	>6	---	<3		<0,02	<1	---

Essa avaliação no Saco da Mangueira (feita em set./out., 2015 - primavera) ocorreu quando o regime hidrológico era de intensa vazante da água da enseada na direção ao eixo do estuário, o que foi favorecido pelo período de alta pluviosidade na época. Em função disso, as salinidades foram baixas na enseada (máximo de 7) e menores nos efluentes (exceção para os locais 59 a 64, onde os desaguiadores estavam estagnados retendo águas mixohalinas que entraram anteriormente). A salinidade positiva nos efluentes sugeriu que, no regime de vazante na enseada, houve intrusão da água da margem para dentro das estruturas onde escoam esses aportes hídricos (valetas, canos, afluentes ou emissários). Nesse caso, os efluentes foram diluídos antes de serem lançados, e estagnados na margem, diminuindo sua dispersão para o eixo da enseada.

Nestes 17 locais avaliados foi registrada a presença de bactérias fecais *E. coli* (teste qualitativo, por isso não apresentado na Tabela 1) nos efluentes e nas margens (exceção do efluente do local 60). Esse tipo de contaminação fecal microbiológica é grave e pode comprometer a qualidade sanitária dos moradores locais e dos organismos aí pescados.

Os resultados elevados de DBO_5 na maioria dos efluentes evidenciaram claramente o aporte antrópico de matéria orgânica. Nas águas receptoras esta contaminação se destacou nas Áreas SM2 e SM4 (Tabela 1), onde é muito insuficiente ou ausente suprimento da rede de coleta de esgotos (Figura 1).

Além disso, as desconformidades registradas pelas altas concentrações dos fitonutrientes nitrogênio amoniacal e, principalmente fosfato para as águas das 3 áreas avaliadas também corroboram com a presença de aportes de matéria orgânica, seja fecal ou industrial. Estes compostos inorgânicos se originam da decomposição microbiológica da matéria orgânica, ou diretamente de rejeitos de indústrias relacionadas ao processamento de fertilizantes.

Estas desconformidades nas concentrações de fitonutrientes foram mais intensas na Área SM4, corroborando com o constatado qualitativamente nas Etapas 1 e 2 deste trabalho (Figuras 4 e 6). Os resultados mostrados na Tabela 1 evidenciaram que nos locais 60 a 64 (fundos de indústrias de fertilizantes/químicas) dessa área industrial, as águas dos desaguiadouros apresentaram uma problemática acidez (entre 3,1 a 5,9). Isso corrobora fortemente com a hipótese de que as indústrias próximas às margens dessa área podem estar liberando nos desaguiadouros, efluentes clandestinos ácidos, e com compostos contendo nitrogênio e, principalmente fósforo e gorduras. Estes compostos de origem antrópica podem estar dissolvidos ou em suspensão. Nesse último caso, estes aportes contribuiriam para os relativos altos valores de material em suspensão (MS) nas águas das margens destes locais.

A associação desses compostos fitonutrientes fertiliza exageradamente a água, proliferando intensas e visíveis florações de colônias de cianobactérias oportunistas (*Aphanothece sp.*), conhecidas como “Rancho de Marinheiro” (Figura 5). Estas têm relativo curto ciclo de vida e, quando morrem se depositam sobre

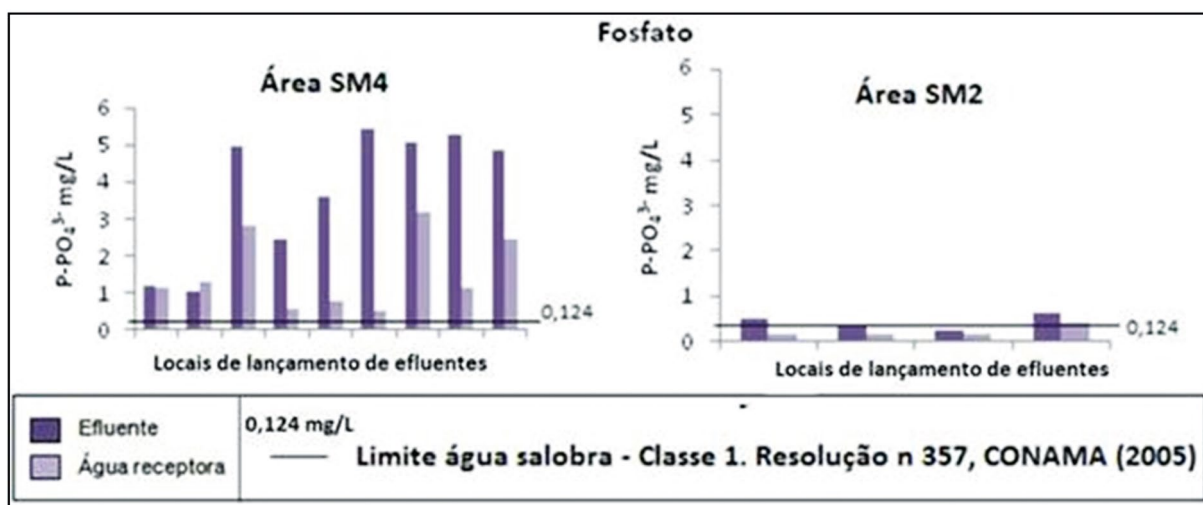


Figura 6 – Saco da Mangueira: concentrações de fosfato nos locais de lançamento de efluentes contaminados. Legenda: SM4: margem do Distrito Industrial; SM1: margem oposta, de uma área urbana de Rio Grande (adaptado de Aguiar, 2015).

o fundo das margens como uma película gelatinosa, prejudicando a oxigenação da coluna sedimentar superficial. Formam-se bolsões de gases reduzidos tóxicos e muito fétidos (metano, amoníaco e sulfetos), que são prejudiciais para a biota local (Baumgarten, 2010).

A comparação da qualidade das águas dos locais onde são lançados efluentes contaminados no Saco da Mangueira, com os dados atuais publicados em FEPAM (2021) para essa enseada (**Tabela 2**), gerou algumas considerações importantes.

Nestes monitoramentos atuais foram amostrados 2 pontos nas extremidades do Saco da Mangueira. Estes pontos têm características de hidrodinâmica e profundidade muito diversificadas dos amostrados em margens em 2015.

Um ponto avaliado pela FEPAM fica no canal de comunicação da enseada com o Canal do Rio Grande (entrada da enseada) e foi denominado no presente diagnóstico como Ponto B. Esse ponto está inserido nos limites entre as áreas SM1 (margem urbana) e SM4 (margem do Distrito Industrial). O segundo local de amostragem da FEPAM (Ponto A) fica no final da enseada, na sua intercomunicação com as águas da APA da Lagoa Verde. Esse ponto está situado na Área SM3, identificada no presente estudo como a mais distante e protegida dos locais de lançamento de efluentes.

A comparação entre estas avaliações bem diversificadas espaço-temporalmente da qualidade das águas do Saco da Mangueira evidenciou as prováveis origens antrópicas das inconformidades de algumas concentrações de fósforo total

Tabela 2 – Qualidade das águas de 2 pontos de amostragem nas extremidades do **Saco da Mangueira**, entre 2017/2019. Os resultados estão caracterizados em diferentes Classes de Qualidades, descritas em Resolução nº 357, CONAMA (2005), para águas doces (salinidade <0,5) ou salobras (salinidade >0,5). Fonte dos dados: reproduzido de FEPAM (2021).

Ponto A: código 87993000 (Saco da Mangueira) - Lat.: -32,05912100; long. -52,08815200

Ponto B: código 87993000 (Canal do Rio Grande) - Lat.: -32,11344600; Long.: -52,15807900

Localização dos pontos de coleta									
		Datas das coletas	pH	Sal.	O ₂ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	P-total (mg/L)	E. coli (NMP/ 100ml)
		22/08/2017 - PONTO A	8,08	0,09	9,77	1	0,222	0,124	64,4
		PONTO B	8,20	7,16	10,18	1	0,220	0,231	1,0
		21/11/2017 - PONTO A	7,57	7,97	7,7	3	0,094	0,123	43,7
		PONTO B	8,03	22,05	8,41	2	0,089	0,088	240,0
		05/02/2018 - PONTO A	*	15,4	10,49	2	0,150	*	41,0
		PONTO B	7,34	14,89	7,34	2	0,135	*	85,0
		08/05/2018 - PONTO A	8,15	10,93	7,75	3	0,122	0,114	1119,9
		PONTO B	7,76	*	7,44	3	0,211	0,126	166,4
		07/08/2018 - PONTO A	7,16	0,45	8,91	1	0,135	0,308	160,7
		PONTO B	7,33	2,06	10,03	1	0,114	0,074	95,9
		06/11/2018 - PONTO A	7,92	0,38	7,30	1	0,120	0,079	49,6
		PONTO B	7,77	0,71	7,82	1	0,088	0,178	65,7
		05/02/2019 - PONTO A	7,86	3,08	7,57	4	0,064	0,247	727,0
		PONTO B	7,80	4,84	8,53	2	0,064	0,243	2419,6
		07/05/2019 - PONTO A	7,85	9,56	7,60	4	0,341	0,071	980,4
		PONTO B	7,73	7,07	8,46	2	0,474	*	328,2
		06/08/2019 - PONTO A	7,97	3,89	9,43	1	0,018	0,091	59,8
		PONTO B	7,63	6,50	9,80	1	0,375	0,137	28,7
		05/11/2019 - PONTO A	7,13	0,21	7,51	1	0,064	0,210	686,7
		PONTO B	7,03	0,12	8,22	1	0,064	0,149	190,4

(somatório de fosfato dissolvido e fósforo particulado) e bactérias *E. coli*, avaliadas nos monitoramentos feitos pela FEPAM. Corrobora com essa associação entre causa e efeito, a constatação de que os efluentes e suas águas receptoras também apresentaram contaminação nestes parâmetros.

Avaliando os resultados apresentados na Tabela 2, referente aos monitoramentos realizados pela FEPAM, era desejável que todas as células com os resultados estivessem “azuis”, como ocorreu somente para os valores de pH e oxigênio. Essa recomendação é baseada em que a Resolução nº 357 (CONAMA, 2005) as águas dessa enseada deveriam ter qualidade equivalente às recomendações de Classe 1”.

Quanto aos resultados do nitrogênio amoniacal e da DBO apresentados na tabela 2, estes somente ultrapassaram os limites legais apenas 1 e 2 vezes, respectivamente. Os motivos dos decréscimos nas concentrações do nitrogênio amoniacal nos Pontos A e B em relação às identificadas nas margens (Tabela 1), pode ser a assimilação nas margens pelas florações (eutrofização) aí abundantes. Além disso, este fitonutriente se oxida a nitrito e nitrato (nitrificação) em águas bem oxigenadas, como as do eixo da enseada.

Quanto ao fósforo, a frequente contaminação nos Pontos A e B demonstrou que os aportes desse elemento químico pelos efluentes afeta outras áreas da enseada, podendo atingir as suas águas adjacentes. Isso ocorreu apesar das diluições que os efluentes sofrem ao serem lançados na enseada e ainda, considerando que o fósforo, quando dissolvido, é assimilado pelas florações oportunistas abundantes nas margens.

A contaminação por bactérias *E. coli* registradas em algumas amostragens nos Pontos A e B, na presença de águas doces e mixohalinas, indicou que os aportes fecais urbanos podem contaminar outras áreas da enseada, além das margens.

Conclusões e considerações finais

Esta estratégia de diagnosticar a qualidade das águas se mostrou otimizada para as águas de ambientes com visíveis problemas de contaminação por efluentes, como é o Saco da Mangueira. Recomenda-se sua aplicação em outras áreas do estuário da Laguna dos Patos ou outros ambientes hídricos com ocupação de margens. Ela deve ser atualizada periodicamente, cujo intervalo de tempo depende da dinâmica das alterações na evolução de ocupação das margens avaliadas.

Com o diagnóstico do Saco da Mangueira foram identificadas as suas áreas críticas, as quais devem ser continuamente monitoradas. Dentre as suas 3 áreas receptoras de efluentes, destacou-se a Área SM4 nas margens do Distrito Industrial. Nos 9 locais com prováveis aportes antrópicos identificados nessa área, as águas estavam enriquecidas com compostos nitrogenados e, principalmente fosfáticos, causando sérios desequilíbrios tróficos.

Portanto, como na área SM4 ainda não há rede de coleta de esgotos, é necessário que as inúmeras indústrias instaladas na Área SM4 disponham individualmente ou de forma comunitária, de suas próprias estações de tratamento de seus efluentes. É importante a cobrança pelos órgãos públicos, do cumprimento

das legislações referentes a lançamentos de efluentes. Sugere-se a adoção sempre que possível, de práticas de reuso da água do processo industrial.

Nas áreas SM1 e SM2 destacou-se o problema das ligações clandestinas de esgotos na rede pluvial que deságua no Saco da Mangueira. As margens dessas áreas têm crescente urbanização, com comércio de grande porte. Elas não são supridas integralmente com rede de coleta de esgotos. Por isso, é importante a exigência oficial de fossas otimizadas nas edificações das margens destas áreas (mesmo as mais humildes), ou de outros sistemas de tratamento de efluentes. Urge a extensão da rede de coleta de esgotos para todas as margens urbanizadas destas áreas.

Este diagnóstico também evidenciou a necessidade de que em monitoramentos no Saco da Mangueira, os locais amostrados precisam ser representativos das diferentes áreas e dos intensos e diferentes aportes antrópicos identificados.

Nesse sentido, os 2 pontos avaliados nos monitoramentos sazonais que a FEPAM faz nas águas das 2 extremidades da enseada são importantes e complementaram o presente diagnóstico. As análises de suas águas identificam exportações e importações de contaminantes lançados nas margens e os níveis de conformidade legal das concentrações aí identificadas. Isso ficou evidente na grave contaminação detectada nestes pontos por compostos fosfáticos e por bactérias fecais *E. coli* em muitas amostragens. Essa contaminação é mais grave principalmente porque, quando ocorre o regime de enchente na enseada (maior salinidade), essa água contaminada pode penetrar na APA da Lagoa Verde.

Portanto, o presente diagnóstico comprovou que, em todos os monitoramentos realizados nessa enseada, devem ser avaliados pontos de amostragens representativos de sua alta diversidade espaço-temporal. Na definição dos pontos amostrais a serem monitorados, que seja considerada a presença dos aportes industriais (Área SM4) e urbanos (Áreas SM2 e SM1). Recomenda-se também a análise de parâmetros como: metais, óleos e graxas, fenóis. Estes podem estar presentes nos efluentes identificados nesse diagnóstico.

Conclui-se que esse diagnóstico representa uma ferramenta para o cumprimento de metas necessárias para a efetivação do processo do enquadramento das águas, não só do Saco da Mangueira, como do sul do estuário da Laguna dos Patos. Entende-se que é necessário atingir e manter a qualidade que se quer ou que é recomendada para estes importantes ambientes hídricos estuarinos.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, V. F. **Identificação e caracterização dos locais de lançamento de efluentes líquidos na enseada estuarina Saco da Mangueira (Rio Grande-RS)**. 2015. 59 f. Monografia de conclusão. Curso de Oceanologia. FURG, Rio Grande. 2015.

BAUMGARTEN, M. G. Z. A eutrofização das águas de uma enseada do estuário da Lagoa dos Patos (RS) protegida pela legislação ambiental. **FEPAM em Revista**, v. 3 n. 2: p. 34-42, 2010.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; WALLNER-KERSANACH, M.; NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de análises em Oceanografia Química**. 2. ed. Rio Grande: FURG, 2010. 174 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 18/03/2005.** Revoga a Resolução nº 20, de 1986. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para os seus enquadramentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005, p. 58-63.

_____. **Resolução Nº 430, de 13/05/2011.** Complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17/03/2005. Dispõe sobre as condicionantes e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 maio 2011, p. 89.

ENGEPLUS, ENGENHARIA e CONSULTORIA LTDA. **Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Rio Grande:** diagnóstico do Saneamento Básico (sub-produto 2.2). Rio Grande: Prefeitura Municipal. SMMA, 2013. 403 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Norma Técnica nº 03/1995, aprovada pela Portaria Nº 07 emitida pela SSMA de 24/05/1995.** Classificação das águas de uma parte sul do estuário da Laguna dos Patos. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 25 maio 1995, p. 12-13.

_____. Departamento de Qualidade Ambiental. **Relatório da qualidade da água superficial da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim e do Canal São Gonçalo.** Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/Avaliacao_Qualidade_Aguas_Superficiais_Bacia_Mirim-Sao_Goncalo.pdf> Acesso em agosto de 2021.

RIO GRANDE. Prefeitura. **Portal da Transparência.** Rio Grande COMVIDA. Disponível em <<http://www.riogrande.rs.gov.br/planos-das-obras-de-saneamento-e-esgotamento-de-rio-grande-sao-apresentados-ao-executivomunicipal/>>. Acesso em: 20 maio 2020.