

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS PORTO DE SÁ VAZ

**DISPOSIÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS:
Estudo de caso da Laguna da Jansen em São Luís/MA**

São Luís

2017

LUCAS PORTO DE SÁ VAZ

DISPOSIÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS:

Estudo de caso da Laguna da Jansen em São Luís/MA

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a. Carmen Lúcia Bentes Bastos.

São Luís

2017

Vaz, Lucas Porto de Sá.

Disposição de recursos hídricos: estudo de caso da Laguna da Jansen em São Luís/ MA / Lucas Porto de Sá Vaz. – São Luís, 2017.

64 f.:il.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Profa. Esp. Carmen Lucia Bentes Bastos.

1. Poluição. 2. Laguna da Jansen. 3.Saneamento. I. Título.

CDU 628.191:628.39(812.1)

LUCAS PORTO DE SÁ VAZ

**DISPOSIÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO DE CASO DA LAGUNA
DA JANSEN EM SÃO LUÍS/MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a. Carmen Lúcia Bentes Bastos.

Aprovado em 26 / 06 / 17

BANCA EXAMINADORA

Cbentes

Prof.^a. Carmen Lúcia Bentes Bastos (Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão

[Signature]

Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sírío
Mestrado em Engenharia Urbana
Universidade Estadual do Maranhão

[Signature]

Prof. Me. Ronaldo Sérgio de Araújo Coelho
Mestrado em Engenharia Mecânica
Universidade Estadual do Maranhão

A Deus e à minha família que me apoia desde os primeiros dias e me incentiva a me tornar um ser humano melhor para esse mundo cada vez mais corrompido pelo mal e pela ganância.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sua infinita bondade e misericórdia, por me conceder sabedoria e potencial para concretizar a realização desse trabalho e ter me dado força para perseverar na sua conclusão em meio a momentos difíceis deste ano de 2017.

Ao meu pai, Francisco, por lutar todos os dias para me proporcionar a melhor educação possível, e me formar um homem de bem e de princípios, e à minha mãe Eline por estar presente em todos os dias e momentos da minha vida me educando e formando, e se esforçando para que não faltasse nunca o essencial para minha vida.

Aos meus irmãos, Rafael e Ana Paula, por serem companheiros de caminhada nessa vida, e por crescerem sempre ao meu lado de mãos dadas nas alegrias e tristezas da vida, mas sempre com esperança e ânimo para continuar.

À minha orientadora, professora Carmen Lucia Bentes Bastos, pela paciência, atenção e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho e pelos diversos momentos em que me encorajou, fazendo-me sentir mais seguro e apto para defender esta monografia.

À minha namorada por toda ajuda na questão de normatização, correções e dicas para a elaboração deste trabalho, ao meu amigo Ulisses pela disponibilização de melhoria de conteúdo deste trabalho, adicionando informações pertinentes ao mesmo, ao engenheiro civil Marcos Salomão e ao meu amigo Lucas Gabriel pela correção do abstract.

Meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma contribuíram durante esta caminhada!

RESUMO

O presente trabalho consiste no estudo sobre a atual situação em que se encontra a laguna da Jansen, localizada no parque da Lagoa da Jansen. A laguna da Jansen sofre há vários anos com a falta de saneamento básico, tendo muitos pontos de lançamento de esgoto *in natura* em suas águas, pois os mesmos não passam por uma estação de tratamento para as devidas medidas de adequação dos efluentes domésticos. Tal situação vem acarretando um desequilíbrio ambiental para o ecossistema aquático, trazendo prejuízos para a fauna e flora presente na laguna e para a população que vive em seus arredores. Manobras de engenharia civil vem sendo realizadas pelo governo do estado do Maranhão para a recuperação da laguna da Jansen, consistindo na retirada dos pontos de lançamento de esgoto encaminhando os mesmos para a Estação de tratamento de esgoto (ETE) do Jaracati e recuperação das comportas que fazem a ligação da laguna com o mar, que contribui para amenizar as elevadas concentrações de nutrientes que favorecem o estado de eutrofização no corpo d'água. Para tornar a laguna da Jansen um corpo hídrico adequado para o lazer e a pesca faz-se necessário ainda diversos tipos de esforços e técnicas de tratamento de água, visando a diminuição de nutrientes como fósforo e nitrogênio, fundamentais para a contribuição do processo de eutrofização e a diminuição da Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além da necessidade de aumento dos níveis de concentração do oxigênio dissolvido. Conclui-se que: A recuperação da laguna da Jansen acarretará diversos benefícios para a cidade de São Luís/MA, favorecerá o bem-estar da população, no que diz respeito a questão de saúde e lazer, impulsionará o turismo na região, aumentará a especulação imobiliária, atraindo mais investimentos para a região e aumento das vendas em bares e restaurantes locais.

Palavras-chave: Poluição; Laguna da Jansen; Saneamento.

ABSTRACT

The present work aims to study about the present situation of the Jansen Lagoon, located in the park of "Jansen Lagoon". The Lagoon of Jansen has suffered for several years by the lack of basic sanitation, having many points of release of sewage *in natura* in its waters, since they do not go through a treatment plant to receive an appropriate measure of adequacy of domestic effluents. This situation has caused an environmental imbalance for the aquatic ecosystem, bringing damages to the fauna and flora present in the lagoon and to the population living in its surroundings. Civil engineering maneuvers have been carried out by the state government of Maranhão for the recovery of the lagoon of Jansen, the plan consists in the removal of the sewage points, sending them to the Sewage Treatment Plant (STP) of Jaracati, and recovering the floodgates, which connect the lagoon with the sea, which contributes to soften the high concentrations of nutrients that favor the state of eutrophication in the waterbody.

In order to make the Lagoon of Jansen a suitable waterbody for leisure and fishing, it is necessary to use several types of efforts and techniques to treat water, aiming at the reduction of nutrients such as phosphorus and nitrogen, which are fundamental for the contribution of the eutrophication process, and the reduction of the Biochemical Oxygen Demand (BOD), in addition to the need to increase the levels of dissolved oxygen concentration. It is concluded that: The recovery of the Lagoon of Jansen will bring several benefits to the city of São Luís, it will favor the well-being of the population, with regard to health and leisure, it will boost tourism in the region, increase Real estate speculation, attracting more investment to the region and increasing sales in local bars and restaurants.

Keywords: Pollution; Lagoon of Jansen; Sanitation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
Mg/L	Miligrama por Litro
NMP	Número mais provável
OD	Oxigênio Dissolvido
PH	Potencial Hidrogeniônico
PPM	Partes por Milhão
SEMA/MA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão
SINFRA	Secretaria de Estado e Infraestrutura

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Físico-Químicas da água Laguna da Jansen	46
Tabela 2 - Análise físico-química da água da Laguna da Jansen	46
Tabela 3 - Índice de pH do Sedimento coletado	50
Tabela 4 - Tabela com teores de carbono orgânico, matéria orgânica, enxofre total, nitrogênio orgânico, fósforo total	51
Tabela 5 - Problemas e Soluções Propostas	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de Autodepuração.....	25
Figura 2 - Lagoa da Pampulha.....	35
Figura 3 - Rio Sena.....	36
Figura 4 - Laguna da Jansen.....	39
Figura 5 - Pontos de lançamento de esgoto.....	40
Figura 6 - Lixo no entorno da Laguna Jansen.....	41
Figura 7 - Comporta emperrada.....	42
Figura 8 - Junta de dilatação Fugenband.....	43
Figura 9 - Canal maior.....	44
Figura 10 - Canal menor.....	44
Figura 11 - Viga pré-moldada.....	44
Figura 12 - Teias na vegetação costeira da laguna da Jansen.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo Geral	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Poluição hídrica: aspectos gerais	15
3.1.1. Principais poluentes aquáticos	17
3.1.2. Ação dos poluentes em recursos hídricos	20
3.1.3. Mecanismos Bioquímicos	21
3.1.4. Autodepuração	22
3.1.5. Mecanismos Químicos	26
3.1.6. Mecanismos Biológicos	26
3.2. O processo de eutrofização	26
3.2.1. Causas da Eutrofização acelerada	27
3.2.2. Consequências da eutrofização	28
3.2.3. Controle da eutrofização	29
3.3. Parâmetros de qualidade: Indicadores	29
3.3.1. Indicadores Físicos	30
3.3.2. Indicadores Químicos	30
3.3.3. Indicadores Biológicos	31
3.4. Sistemas de despoluição dos recursos hídricos: tratamento de água	33
3.4.1. Exemplos de Recuperação de Corpos Hídricos	34
4 METODOLOGIA	37
4.1. Área de estudo	37
4.2. Procedimentos Metodológicos	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1. A laguna da jansen: caracterização	38
5.1.1. Condições ambientais - Laguna da Jansen	39
5.1.2. Análise físico-química da água da Laguna da Jansen	45
5.1.3. Análise físico-química dos sedimentos da Laguna da Jansen	49
5.2. Propostas de despoluição da laguna da jansen	51

5.2.1. Retirada dos pontos de lançamento de esgoto	52
5.2.2. Manutenção e funcionamento das comportas.....	53
5.2.3. Limpeza do fundo da Laguna da Jansen - dragagem	55
5.2.4. Aeração e oxigenação	55
5.2.5. Aplicação de Biorremediadores	56
5.2.6. Medidas de conscientização ambiental e limpeza do parque por parte da população frequentadora.....	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	60
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	61
ANEXO A - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DOS PONTOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDICADOS NA FIGURA 5	62

1 INTRODUÇÃO

O Parque Ecológico da Lagoa da Jansen é um ambiente que habita uma das maiores atrações turísticas da cidade de São Luís - MA, a Laguna da Jansen. Laguna pois recebe influência da água do mar proveniente da Baía de São Marcos, especificamente da praia da Ponta d'Areia. Durante a preamar, que é quando a maré atinge o nível máximo de uma maré cheia, a água passa por um canal de drenagem que comunica a laguna ao mar.

Entretanto, o corpo hídrico correspondente à laguna sofre com a poluição exacerbada, mediante o lançamento de esgoto doméstico em suas águas, que hoje corresponde a 12 pontos de lançamento de esgoto (antes eram 27, mas em obra do Governo do Estado do Maranhão, 15 foram retirados).

Os despejos desses dejetos contribuem para a eutrofização da água devido ao acúmulo de nutrientes, provocando um aumento excessivo no desenvolvimento de algas. Esse processo causa a diminuição na taxa de oxigênio existente na água, provocando a mortandade da fauna e da flora desse corpo hídrico ao entrar em estado de decomposição e diminuindo de forma significativa a qualidade da água.

A poluição dos recursos hídricos é frequente em países em desenvolvimento, pelos mesmos não oferecerem investimentos e saneamento básico. A despoluição dos mesmos se faz necessária em prol da preservação da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos e melhorias na qualidade de vida dos seres humanos, no que diz respeito principalmente à saúde.

Nesse sentido, a relevância dessa temática sustenta-se nos aspectos sociais, econômicos e culturais que a discussão acerca da disposição dos recursos hídricos engloba e, trazendo para a realidade da capital maranhense, a laguna da Jansen é uma referência de ecossistema afetado historicamente pela poluição. Por ser uma das maiores atrações turísticas na cidade, o projeto de despoluição da laguna, aqueceria o setor de turismo no local favorecendo a economia da cidade, dos estabelecimentos que ali estão instalados, além de valorizar a área em questão que é considerada área nobre da cidade.

Outro fato que deve ser destacado é a questão das implicações que a poluição da água acarreta na saúde das pessoas que frequentam e vivem naquele local, o despejo de esgoto não tratado favorece a multiplicação de microrganismos,

podendo ocasionar doenças como dengue, leptospirose, doenças intestinais como diarreias, cólera dentre outras.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: revisão bibliográfica abordando-se os aspectos gerais relativos à poluição hídrica incluindo ainda os processos de eutrofização, os parâmetros de qualidade da água e os sistemas de despoluição dos recursos hídricos; na metodologia é apresentado o percurso metodológico traçado para o estudo do presente trabalho e, no último capítulo aborda-se os resultados e discussões a partir do estudo levantado acerca da laguna da Jansen em São Luís - Ma e, por fim, as propostas de despoluição no referido ecossistema.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Ilustrar um estudo de caso das condições atuais da Laguna da Jansen em São Luís/MA com propostas para sua despoluição.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar revisão bibliográfica acerca da poluição dos corpos d'água, dos parâmetros de qualidade e dos sistemas de despoluição dos recursos hídricos;
- Descrever as condições atuais, no que se refere às características físico-químicas e bacteriológicas das águas da Laguna da Jansen, sua importância no contexto ambiental e político da cidade e projetos existentes;
- Apresentar outras propostas que somadas às propostas de melhoria dos projetos já existentes, possam trazer resultados melhores e mais rápidos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Poluição hídrica: aspectos gerais

Segundo Braga et al (2005, p. 06) poluição “é uma alteração nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, litosfera ou hidrosfera que cause ou possa causar prejuízo à saúde [...] ou ainda deteriorar materiais”. Com base no conceito supracitado entende-se, de uma forma mais objetiva, que poluição é toda e qualquer alteração indesejável provocada no meio ambiente pela ação humana.

O autor destaca ainda que a geração de resíduos originada pela atividade antrópica, atinge o meio ambiente de forma a causar seu desequilíbrio, podendo ocasionar a poluição atmosférica, do solo, hídrica, dentre outros tipos de poluição. A poluição da água está ligada principalmente a concentração de: O²; Fenóis e Hg, ao pH, à temperatura, dentre outros fatores. As concentrações das substâncias citadas acima devem estar dentro das leis que regem o meio ambiente, que é a legislação ambiental.

Os resíduos se originam das fontes poluidoras, que podem ser classificadas em pontuais ou difusas. Ashby (2013, p. 59) aponta que a poluição pontual “é limitada por uma estrutura de lançamento que concentra o fluxo de despejo líquido, por exemplo, um canal ou tubulação. Esse despejo é composto, essencialmente, por resíduos de origem urbana, doméstica e industrial”, por isso essa fonte poluidora é fácil de identificar, assim como controlar com medidas que interrompam o lançamento de poluentes. Com relação às fontes difusas ou dispersas o referido autor destaca que essas fontes atingem o meio que polui de forma indireta, não possuindo um ponto de lançamento específico (a exemplo dos agrotóxicos aplicados na agricultura que, por não advirem de um ponto preciso de geração, infiltram no solo podendo atingir até lençóis freáticos, aporte de nutrientes em córregos e rios através da drenagem urbana).

Quanto à proporção que a poluição pode tomar, de acordo com Braga et al (2005, p.06), “os efeitos da poluição podem ter caráter localizado, regional ou global. Os mais conhecidos perceptíveis são os efeitos locais ou regionais, em geral, que ocorrem em áreas de grande densidade populacional ou atividade industrial”. Nessas áreas de grande contingente populacional acontecem problemas comuns de

poluição de caráter localizado, uma vez que a intensidade demográfica e industrial aumenta o número da produção de resíduos, contribuindo para a poluição do ar, da água e do solo. Um exemplo disso é o esgoto gerado por residências e empresas que não tem o encaminhamento correto e acaba sendo lançado *in natura* em corpos hídricos, podendo atingir até um caráter regional juntamente com a poluição do ar gerada por indústrias. Tal efeito provoca as chuvas ácidas oriundas da poluição do ar gerada na Grã-Bretanha e demais países europeus atingindo principalmente a Suécia e a Noruega.

Os efeitos da poluição em caráter global detectados mais recentemente são o efeito estufa e a redução da camada de ozônio, pois seus efeitos podem afetar o clima e o equilíbrio global de todo o planeta. Esses efeitos têm sensibilizado a sociedade para as questões ambientais, visto a incerteza do ser humano em saber como estará daqui a um ano, caso tais problemas não sejam resolvidos ou até mesmo a incerteza de como controlá-los. Um conjunto enorme de esforços são necessários para controlar tais efeitos de forma eficaz (BRAGA et al, 2005).

A poluição dos corpos d'água é a "adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos" (SPERLING, 1996, p.46). Tal definição torna-se prática em se tratando da poluição de corpos hídricos, porém tem um poder polêmico pela sua natureza antrópica, por tratar dos prejuízos que ocorrem em rios, lagos, lagoas e mares e dos usos que deles são feitos. Ao mesmo tempo, tal visão prática é extremamente importante pois pode-se analisar com total clareza medidas para a preservação da água e redução da sua poluição.

De acordo com Sperling (1996), entre os principais agentes poluidores da água estão os esgotos e a drenagem urbana. Os esgotos são divididos entre os de origem urbana e os de origem industrial; a drenagem urbana ou águas pluviais são divididas em urbanas, de agricultura e pastagem, e são responsáveis pelos: sólidos em suspensão; matéria bioquímica de oxigênio (que é originada pela matéria orgânica biodegradável); pelos nutrientes (e com estes o acúmulo de nitrogênio e fósforo); organismos patogênicos responsáveis pelos coliformes; metais como chumbo e mercúrio (que são extremamente nocivos à saúde humana); sólidos dissolvidos totais e matéria orgânica não biodegradável (como pesticidas; detergentes e produtos farmacêuticos).

O autor aborda ainda que o esgoto de natureza urbana é o que mais contribui com os parâmetros apresentados acima. O esgoto de natureza industrial tem seus parâmetros variáveis, ou seja, não apresentam regularidade. Além disso o agente poluidor proveniente das águas pluviais e da drenagem urbana apresentam também uma contribuição satisfatória na poluição das águas, principalmente a de natureza urbana, porém esta não apresenta índices significativos no que diz respeito à contribuição com sólidos inorgânicos dissolvidos, assim como a de natureza agrícola não apresenta dados mediante a contribuição com metais.

A ocorrência da contaminação de um corpo d'água mediante organismos patogênicos prejudiciais ao ser humano não significa que o meio ambiente está em desequilíbrio. Conforme aponta Braga et al (2005):

É importante distinguir a diferença entre conceitos de poluição e contaminação, já que ambos são às vezes utilizados como sinônimos. A contaminação se refere à transmissão de substâncias ou microrganismos nocivos à saúde pela água (BRAGA et al, 2005, p. 82).

De maneira análoga, a ocorrência de poluição em um ambiente não implica riscos à saúde de todos os seres e organismos que ali habitam e fazem uso dos recursos hídricos que foram atingidos. Braga et al (2005) exemplifica de maneira simples, ao pontuar a alteração da temperatura da água, com o calor excessivo, que pode provocar alterações significativas na fauna, na flora e em todo o meio que ali existe, porém, não irá significar nenhum tipo de restrição ao consumo humano, assim como determinadas espécies conseguem viver no meio aquático em condições que seriam nocivas ao consumo do ser humano.

3.1.1. Principais poluentes aquáticos

Segundo Ashby (2013) a poluição da água pode ser classificada como química – orgânica ou inorgânica -, térmica e biológica. Como poluição química tem-se o lançamento de esgoto doméstico, industrial, derivados do petróleo, agrotóxicos dentre outros. Já a poluição térmica refere-se as trocas de calor em indústrias e usinas termoelétricas, já a poluição biológica é oriunda de microrganismos patogênicos presentes nas fezes de humanos e animais. Braga et al (2005) complementa que, os poluentes aquáticos são classificados conforme a sua natureza e os impactos que causam quando lançados no meio aquático e na concepção do mesmo podem ser classificados da seguinte forma:

- **Poluentes orgânicos biodegradáveis:** Quando a matéria orgânica é lançada na água, ela passa pelo processo de degradação por organismos decompositores presentes no meio aquático, onde esses poluentes podem ser decompostos de duas formas:

a) A primeira forma consiste na presença de oxigênio dissolvido no meio, em que a degradação é feita por bactérias aeróbias, as quais consomem o oxigênio dissolvido na água. “Se o consumo de oxigênio for mais intenso que a capacidade do meio para repô-lo, haverá seu esgotamento e a inviabilidade da existência da vida para peixes e outros organismos que dependem de oxigênio para respirar” (BRAGA et al, 2005, p. 83).

b) Caso não haja oxigênio dissolvido no meio, ocorrerá a chamada decomposição anaeróbica, favorecendo a formação de gases, como o metano e o gás sulfídrico, ambos tóxicos para muitas formas de vida.

- **Poluentes orgânicos refratários:** São organismos que possuem uma taxa de biodegradação muito lenta ou até mesmo possuem essa taxa nula, ou seja, não são biodegradáveis. O impacto associado a este tipo de organismo não está relacionado ao consumo de oxigênio para sua decomposição, mas sim à sua toxicidade. Muitos destes compostos se encontram no meio aquático em concentrações que não são tóxicas ou perigosas. Porém, mediante o fenômeno da bioacumulação, sua concentração nos tecidos dos organismos vivos pode ser alta, caso eles não possuam recursos metabólicos que sejam capazes de eliminar tais elementos após sua ingestão. Exemplos de organismos refratários:

a) Defensivos agrícolas: Muito do volume do total de defensivos agrícolas atinge rios, lagos, aquíferos e oceanos, por meio do transporte por correntes atmosféricas, do despejo de resto de soluções, da limpeza de acessórios e recipientes empregados na aplicação de tais produtos e também pelo solo, levados pela ação erosiva da chuva. Em decorrência destes meios de transporte característicos do meio aquático, muitos desses defensivos tem sido detectado até na região antártica.

b) Detergentes Sintéticos: Têm causado mais danos em águas como rios, lagos e águas interiores em geral, do que em águas oceânicas. Dessa forma, são mais tóxicos para os peixes do que para os humanos. Também são prejudiciais para

organismos que efetuam a biodegradação da matéria orgânica, além disso, quando detergentes estão na interface ar-água, estes afetam a troca de gases entre os dois meios, gerando abundante espuma, que é transportada pelo vento se espalhando por uma região mais ampla, transportando consigo, poluentes que existiam no meio aquático.

c) **Petróleo:** O petróleo é formado por uma mistura de várias substâncias com taxas variadas de biodegradabilidade. O petróleo e seus derivados atingem corpos aquáticos durante variados processos como em sua extração, transporte, consumo e aproveitamento industrial. Seus piores danos ao meio aquático estão no fato de formarem uma película superficial que dificulta as trocas gasosas entre o ar e a água, assim como a vedação dos órgãos respiratórios dos animais, dos estômatos das plantas e a ação de substâncias tóxicas nele contidas para muitos organismos.

Metais: Todos os metais podem ser solúveis em meio aquoso, podendo gerar danos à saúde dependendo da quantidade ingerida e das suas propriedades tóxicas e cancerígenas. Dentre os metais que são potencialmente tóxicos, pode-se citar o arsênico, o bário, o cromo, o chumbo e o mercúrio. O organismo aquático pode apresentar dois tipos de comportamento em relação aos metais, ou ele é sensível à ação tóxica ou não é sensível, porém, a bioacumulação oferece riscos a organismos do topo da cadeia alimentar destes organismos aquáticos. Braga et al (2005) cita como exemplo o mal de Minamata que ocorreu em 1953 na Baía de Minamata, no Japão, em que o lançamento de efluentes industriais com metilmercúrio - que atinge o sistema nervoso humano, principalmente cérebro e medula - atingiu a população local após o consumo de peixes infectados, causando grande número de mortes e deformações genéticas.

• **Nutrientes:** O excesso de nutrientes em corpos hídricos pode ser responsável pelo acentuado crescimento de determinados organismos aquáticos que acarretam problemas a determinados usos dos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos. Braga et al (2005) afirma que notadamente, os sais de nitrogênio e o fósforo, são responsáveis pela proliferação acentuada de algas, as quais podem prejudicar a utilização de mananciais de água potável. Os nutrientes chegam até os corpos aquáticos por meio da erosão dos solos, decomposição natural da matéria orgânica biodegradável existente no solo e na água além de também poderem ser transportados pelas fertilizações artificiais dos campos agrícolas.

- **Organismos patogênicos:** São responsáveis pelo grande número de doenças transmitidas pela água, além disso, os casos mais frequentes são em regiões pobres onde o saneamento básico é precário ou inexistente. São exemplos de organismos patogênicos presentes na água:

- a) Bactérias: que são responsáveis por transmitir doenças como leptospirose, cólera, febre tifoide.

- b) Vírus: Responsáveis pela transmissão da hepatite infecciosa e a poliomielite.

- c) Protozoários: Transmitem doenças como amebíase e giardíase.

- d) Helmintos: Responsáveis pela esquistossomose e ascaridíase.

- **Sólidos em suspensão:** Os sólidos em suspensão aumentam a turbidez da água, diminuindo sua transparência, reduzindo assim a taxa de fotossíntese, o que prejudica a procura de alimento de algumas espécies e desequilibra a cadeia alimentar daquele meio. Além disso, sólidos podem carregar substâncias tóxicas, logo sua deposição no fundo de corpos hídricos prejudica a reprodução de peixes e espécies bentônicas.

- **Calor:** A temperatura da água afeta diversas características como: densidade, solubilidade de gases, taxa de sedimentação do fito plâncton, tensão superficial, reações químicas e o metabolismo de organismos aquáticos. Sendo assim, o aumento de temperatura causa a migração de peixes para regiões de temperatura mais amena onde as concentrações de oxigênio dissolvido são maiores.

O excesso de calor também pode bloquear a migração de outros peixes, por favorecer a existência de uma barreira de calor onde a quantidade de oxigênio dissolvido é muito menor, causando o desenvolvimento excessivo de seres termófilos. O aquecimento de efluentes é ocasionado principalmente por usinas termoelétrica, com combustíveis tanto de origem fóssil como nuclear (BRAGA et al, 2005).

3.1.2. Ação dos poluentes em recursos hídricos

Conforme pontua Braga et al (2005, p. 86) “Os poluentes, ao atingir os corpos de água, sofrem a ação de diversos mecanismos físicos, químicos e

biológicos existentes na natureza”. Logo, poluentes aquáticos se comportam de diversas formas quando entram em contato com o meio aquático alterando ainda a concentração desse meio. Assim, sua concentração original diminui, mecanismo chamado de diluição. Tal efeito é resultado da mistura do despejo com a água do ecossistema hídrico, além de esses poluentes sofrerem com a ação hidrodinâmica da água, pois são levados para longe do ponto de despejo e quanto mais intenso o campo de velocidade da água, mais afastado do ponto de despejo este poluente estará.

O autor aborda ainda que a concentração de substâncias dissolvidas ou em suspensão em meios fluidos também é em função de processos difusivos, os quais existem basicamente em dois tipos: o molecular, resultante da agitação térmica das partículas existentes no meio fluido, e o processo de difusão turbulenta, decorrente da existência de turbulência no escoamento da água que provoca a mistura mais rápida das substâncias presentes.

A gravidade também pode alterar a qualidade da água por meio da sedimentação de substâncias poluidoras em suspensão que sejam mais densas que o meio aquático. Além disso, é utilizada em etapas do tratamento de água e esgoto nos decantadores, onde partículas em suspensão sedimentam-se para logo depois serem retiradas (BRAGA et al, 2005).

A presença de luz também é determinante na qualidade de corpos hídricos, pois a mesma é condição necessária para a existência de algas, que são fontes básicas de alimento no meio aquático e responsáveis pela produção endógena de oxigênio. A fotossíntese limita-se somente à superfície da água, pois a luz extingue-se rapidamente em função da profundidade, logo o aumento da turbidez diminui a transparência da água, portanto, a penetração de luz (BRAGA et al, 2005).

A temperatura, como já citado no item 2.2 referindo-se ao calor, altera solubilidade dos gases e a cinética das reações químicas, influenciando na interação dos poluentes com os corpos hídricos (BRAGA et al, 2005).

3.1.3. Mecanismos Bioquímicos

De acordo com Braga et al (2005), quando a matéria orgânica biodegradável é despejada no meio aquático, seres decompositores a digerem por meio de seus mecanismos bioquímicos. “A matéria orgânica é responsável pelo consumo, pelos

microrganismos decompositores, do oxigênio dissolvido na água” (SPERLING, 1996, p. 40).

Seres decompositores aeróbios respiram o oxigênio dissolvido na água e passam a competir pelo gás com os outros seres que vivem no ecossistema aquático, e por terem alimento à sua disposição e necessitarem de uma quantidade baixa de oxigênio para sobreviver, acabam “ganhando a competição”. Assim, os peixes morrem e a população de seres decompositores aumenta, pois estes causam a redução de teor de oxigênio na água, prejudicando a sobrevivência dos demais seres vivos (BRAGA et al, 2005).

Ainda segundo o referido autor, um dos recursos mais importantes em um meio hídrico, é a quantidade de oxigênio dissolvido, pois está diretamente relacionado com os tipos de organismos que podem sobreviver em um corpo d’água. Quando o oxigênio é reduzido, prolifera-se a existência de organismos anaeróbios que liberam substâncias que causam odor, sabor e aspecto indesejado a água, além disso, peixes e outras espécies precisam de uma concentração mínima de 2 mg/l, além de existirem formas de vida que necessitam de no mínimo 4 mg/l.

A concentração de oxigênio dissolvido na água pode ocorrer em função da característica do despejo de poluição, assim como a natureza do material biodegradável envolvido - se ele é facilmente biodegradável pelos organismos decompositores e a quantidade necessária para sua biodegradação -, a quantidade de poluente, e a vazão despejada. A produção de oxigênio, que pode ser originado pela atividade fotossintética dos organismos autótrofos (produção endógena) ou pela reaeração (produção exógena), que é a passagem de oxigênio atmosférico para o interior do meio aquático por meio da interface ar-água (BRAGA et al, 2005).

3.1.4. Autodepuração

A autodepuração é um processo natural de recuperação que o corpo da água realiza quando está poluído por despejo de matéria orgânica biodegradável como pelo lançamento de esgoto. O processo realiza-se por meio de três processos, o processo físico (diluição e sedimentação), o químico (oxidação) e o biológico (ASHBY, 2013).

A decomposição da matéria orgânica é considerada um processo biológico da autodepuração, porém, compostos biorresistentes e os compostos

inorgânicos, como os metais pesados, não são atingidos pelo mecanismo da autodepuração (BRAGA et al, 2005).

A matéria orgânica biodegradável é consumida pelos decompositores aeróbios que transformam os compostos orgânicos de cadeias mais complexas, como proteínas e gorduras e de cadeias mais simples, como amônia, aminoácidos e dióxido de carbono. Braga et al (2005) afirma que durante a decomposição, há um acréscimo nas concentrações de oxigênio no corpo d'água devido a respiração dos decompositores, então o processo de autodepuração completa-se com a reposição do oxigênio consumido pelo processo da reaeração. Nesse contexto, o processo de autodepuração pode ser dividido, segundo Braga et al (2005), em duas etapas:

a) Decomposição:

A quantidade necessária de oxigênio dissolvido na água que será preciso para a decomposição da matéria orgânica é denominada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), ou seja, a DBO é o oxigênio que vai ser respirado pelos decompositores aeróbios para a decomposição completa da matéria orgânica lançada na água (SPERLING, 1996).

“A DBO é comumente usada como indicadora da qualidade da água e avalia a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos para estabilização da matéria orgânica durante os processos de decomposição” (ASHBY, 2013, p. 304). Segundo Braga et al (2005) a DBO serve como medidor de potencial poluidor de substâncias biodegradáveis em relação ao consumo de oxigênio dissolvido. Convencionou-se que as medições experimentais de DBO devem ser feitas com ensaios que tenham duração de cinco dias, adotando-se o símbolo DBO_5 , referindo-se à decomposição da matéria orgânica carbonácea. A temperatura afeta a decomposição da matéria orgânica pois, o metabolismo dos organismos decompositores tende a ser mais rápido quanto maior for a temperatura, sendo assim convencionou-se realizar os ensaios de DBO à temperatura de 20°C, utilizando-se o símbolo $DBO_{5,20}$ para representa-la, para assim se ter uma precisão melhor dos resultados analisados em laboratório.

O valor da DBO varia de maneira considerável, conforme a natureza do despejo. A $DBO_{5,20}$ giram em torno de 300 mg/L, valor muito superior à taxa de oxigênio concentrado e saturado, que é de 9 mg/L para a água pura a 20 °C. Outros tipos de despejos possuem $DBO_{5,20}$ ainda mais elevadas que a do esgoto doméstico,

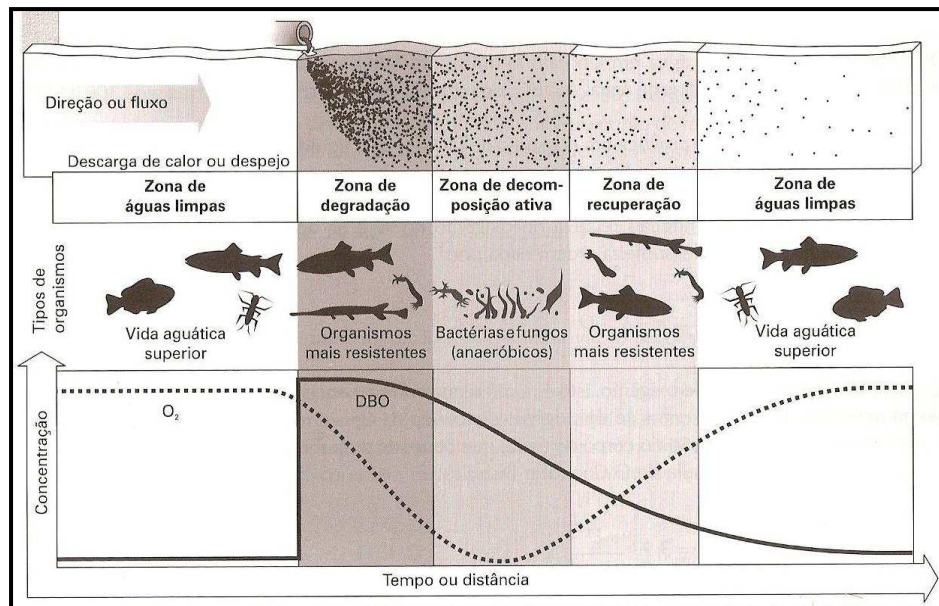
como, por exemplo aquelas resultantes de certas indústrias alimentícias, fábricas de papel e celulose, curtumes etc. Quando os decompositores terminam a ação decompositora, a matéria orgânica é estabilizada ou mineralizada, não existindo mais compostos orgânicos biodegradáveis, apenas água, sais minerais e gás carbônico (BRAGA et al., 2005).

b) Reaeração:

A atmosfera e a fotossíntese são as duas fontes contínuas que adicionam oxigênio à água, quanto maior a turbulência na água no curso de água, maior serão as trocas atmosféricas na água. Porém, durante a fase de decomposição o consumo de oxigênio na água é maior do que a quantidade adicionada na água, por ambas as fontes, somente quando a decomposição acaba e os decompositores acabam morrendo, é que a taxa de oxigênio “fabricado” passa ser maior que a taxa de oxigênio consumido, aumentando sua decomposição novamente. Vale ressaltar que durante todo o processo as duas etapas, de consumo e produção de oxigênio, ocorrem simultaneamente (BRAGA et al, 2005).

O grande problema está quando a quantidade de matéria orgânica lançada é exorbitante, podendo haver o esgotamento total do oxigênio dissolvido na água ao permitir então a decomposição realizada pelos decompositores anaeróbios, utilizando o método de deslocamento das cadeias de hidrogênio para a quebra das cadeias orgânicas, formando assim o metano, gás sulfídrico dentre outros como subprodutos. A decomposição anaeróbia não é completa, sendo assim, deve ser completada pela decomposição aeróbia, quando o corpo da água apresenta níveis maiores de oxigênio, a decomposição anaeróbia apresenta odores bastante desagradáveis (BRAGA et al, 2005).

A seguir a Figura 1 ilustra como ocorre esse processo de autodepuração:

Figura 1 - Processo de Autodepuração

Fonte: BRAGA et al, 2005

Nas zonas de águas limpas, antes do ponto de despejo, observa-se vida aquática superior, organismos aeróbios e uma alta taxa de oxigênio dissolvido. Na zona de degradação percebe-se um declínio na taxa de oxigênio e uma alta taxa de DBO, organismos mais resistentes de vida aquática superior, sedimentação do material sólido e um aspecto indesejado no que diz respeito a qualidade da água, grande quantidade de bactérias e fungos e poucas algas. Na zona de decomposição ativa, a quantidade de oxigênio dissolvido atinge o seu valor mínimo e em alguns casos pode tornar-se zero, a vida aquática superior com seres aeróbios diminui significativamente podendo até mesmo desaparecer e a quantidade bactérias e fungos também diminui. Na zona de recuperação, a taxa de oxigênio dissolvido passa a aumentar novamente, pois os mecanismos de reaeração passam a ser predominantes em relação aos mecanismos de desoxigenação e surge o aparecimento de seres aeróbios de vida aquática superior em busca de alimento, além disso, a quantidade de bactérias e fungos diminui, e pode haver um aumento na quantidade de algas devido a maior quantidade de nutrientes. Na zona de águas limpas, as taxas de oxigênio dissolvido e DBO passam a apresentar medidas satisfatórias assim como os organismos aeróbios, porém, não deixa de ficar livre de organismos patogênicos (BRAGA et al, 2005).

Na concepção de Braga et al (2005) diversos fatores contribuem para o processo de autodepuração, como o potencial poluidor do esgoto, identificado com

sua DBO e a concentração de oxigênio dissolvido, ou seja, que está disponível no curso de água. A temperatura influi diretamente nos processos bioquímicos, pois quanto maior for a temperatura mais rápida será a decomposição.

3.1.5. Mecanismos Químicos

No meio aquático existem reações químicas pelo fato da existência natural de algumas substâncias neste meio, ou então por substâncias que lá, foram despejadas. Por isso, Braga et al (2005) afirma que tais reações químicas podem ser afetadas por alguns fatores como pH, catalisadores, radiação solar, temperatura, porém, é difícil prever o seu impacto ambiental resultante do despejo de algumas substâncias em virtude de processos sinérgicos.

3.1.6. Mecanismos Biológicos

Os tipos de espécie, sua quantidade e diversidade variam de acordo com a transparência da água, a quantidade de nutrientes disponíveis, a temperatura, entre outros fatores. Assim, por exemplo, se existir excesso de nutrientes no meio aquático, haverá um crescimento de fitoplâncton, e dependendo de qual nutriente estiver em excesso, crescerá diferentes tipos de algas, tendendo a mudanças na população do ecossistema, alterando a qualidade de água, por meio das variações no pH, no teor de oxigênio, dentre outras (BRAGA et al, 2005).

3.2. O processo de eutrofização

BRAGA et al (2005, p. 96) destaca que “O processo de eutrofização é o enriquecimento das águas com os nutrientes necessários ao crescimento da vida vegetal aquática”. Portanto, a eutrofização é um processo natural dos ecossistemas na sucessão ecológica, em que o sistema lacustre se transforma em um ecossistema terrestre, com a integração do lago e o meio terrestre que o rodeia.

Os lagos em processo de eutrofização chamados de lagos eutróficos são caracterizados pelos altos índices de nutrientes, pouca penetração de luz, concentrações de oxigênio dissolvido (OD) baixíssimas, pouca biodiversidade, águas rasas e crescimento de algas. Os nutrientes mais importantes para que ocorra

a eutrofização são o fósforo e o nitrogênio, favorecendo a proliferação de algas pela alta disponibilidade de nutrientes (BRAGA et al, 2005). Nesse sentido Ashby (2013) afirma que:

A elevada concentração desses nutrientes causa aumento na produção fotossintética e no crescimento de produtores primários aquáticos (tamanho e quantidade de plantas ou algas unicelulares). Esse crescimento leva ao aumento dos valores absolutos de mortalidade dos organismos, acabando por gerar uma grande quantidade de matéria orgânica morta. A decomposição dessa matéria orgânica aumenta a DBO e reduz, ainda mais, o conteúdo de oxigênio da água. A redução da concentração de oxigênio causa a morte de peixes e outros organismos e cria locais que passam a ser conhecidos por zonas mortas (ASHBY, 2013, p. 304).

Além de ser um processo natural, a eutrofização transcorre de maneira bastante demorada, e está associada a evolução dos ecossistemas envolvidos no processo, porém, devido a intervenção humana, esse processo vem se acelerando em lagos que recebem efeitos da ocupação urbana, atividades agrícolas e atividades industriais. A eutrofização que sofre interferência humana é chamada de eutrofização cultural ou urbana (BRAGA et al, 2005).

3.2.1. Causas da Eutrofização acelerada

Organismos fotossintetizantes aquáticos dependem da disponibilidade de nutrientes para seu desenvolvimento, como oxigênio, carbono, potássio, cálcio, e principalmente o fósforo e o nitrogênio. O crescimento destes seres pode ser limitado pela insuficiência de qualquer um desses nutrientes, mas na maioria dos ecossistemas aquáticos, o fósforo é o nutriente que mais interfere na proliferação dos seres fotossintetizantes e a única fonte natural desse nutriente provém do desgaste de rochas que contém fosfato, provocado por intempéries naturais. No tocante à eutrofização acelerada, a disponibilização de fósforo é oriunda dos esgotos domésticos, esgotos industriais e fertilizantes agrícolas (BRAGA et al, 2005).

Nesse contexto o referido autor ressalta que lagos de regiões tropicais estão mais sujeitos ao processo de eutrofização por receberem grande incidência de radiação solar, constante praticamente o ano todo. Além disso, lagos com pouca profundidade também estão sujeitos ao processo de eutrofização por permitirem maior influência da radiação solar. Da mesma forma, lagos que dispõem de maior

zona litorânea, com maior tempo de residência e que possuem fluxo de água mais lento que favorece o crescimento de algas também estão sujeitos ao processo de eutrofização de maneira mais rápida.

3.2.2. Consequências da eutrofização

Como no começo do processo de eutrofização a camada inferior do lago era a camada consumidora de oxigênio, pois é a camada em que estão os seres decompositores da matéria orgânica causadora do processo de eutrofização, ao final do processo, a camada inferior do lago estará completamente anóxica, pela grande quantidade de matéria orgânica decomposta e a quantidade de oxigênio disponível será totalmente consumida, facilitando a recirculação do fósforo (BRAGA et al, 2005).

Como consequência do processo de eutrofização temos a diminuição da diversidade biológica, pois poucas espécies sobrevivem nas condições adversas que tomaram conta do ecossistema aquático; há alteração nas espécies de algas, dependendo dos teores de nitrato presentes na água favorecendo o crescimento de diversas espécies caso haja a presença do nutriente, caso não tenha a presença do mesmo, haverá o crescimento excessivo de algas azuis; há alteração na composição das espécies de peixes, e devido as altas concentrações de compostos orgânicos dissolvidos, a água terá sabor e odor desagradável e diminuição de sua transparência, além de a decomposição anaeróbia que ocorre no fundo liberar metano, gás sulfídrico, amônia, fósforo, ferro e manganês, além de outros compostos que alteram as condições químicas como o pH (BRAGA et al, 2005).

Ainda segundo o autor, no processo de eutrofização acelerada os ecossistemas aquáticos sofrem impactos caracterizados principalmente com a utilização do corpo de água como manancial de abastecimento, pois o excesso de algas obstrui os filtros das estações, além de dificultar o controle do pH e da floculação. Aumentam, com isso, os custos para controle de odor e sabor, pois torna-se necessária a instalação de filtros de carvão ativado e unidade de remoção do ferro, manganês, além de que investigações epidemiológicas estão demonstrando que a presença de altas concentrações de algas azuis está ligada à epidemia de distúrbios gastrointestinais.

O uso da água para atividades de lazer e esportes também fica prejudicado, impossibilitando atividades como natação, acesso de barcos, refletindo na perda do valor comercial das propriedades localizadas nas margens dos corpos d'água que sofreram eutrofização (BRAGA et al, 2005).

3.2.3. Controle da eutrofização

As medidas de controle da eutrofização são tomadas pelo órgão gestor responsável da região. Segundo Braga et al (2005) as soluções a serem adotadas com o problema da eutrofização podem ser divididas em duas categorias:

a) Medidas Preventivas:

Pode-se reduzir a carga externa do nutriente limitante, em fontes pontuais, com o tratamento terciário do esgoto doméstico e com o tratamento de afluentes industriais.

Em fontes difusas, reduz-se o uso de fertilizantes agrícolas bem como é importante a recomposição de matas ciliares, além do controle da drenagem urbana.

b) Medidas Corretivas:

Atua-se nos processos de circulação de nutrientes no ecossistema aquático, onde pode-se usar aeração da camada inferior para poder manter o fósforo na sua forma insolúvel e também realizar sua precipitação química, remoção do sedimento restante depositado no fundo do lago e colheita de macrófitas para a redução da biomassa vegetal.

3.3. Parâmetros de qualidade: Indicadores

A água presente na natureza possui alteração na sua composição molecular. Segundo Braga et al (2005, p. 99) “não existe água pura na natureza, a não ser as moléculas de água presentes na atmosfera na forma de vapor. Assim que ocorre a condensação, começam a ser dissolvidos na água [...]”.

Logo, “a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas” (SPERLING, 1996, p. 26). Braga et al (2005) acrescenta ainda que dependendo da litologia do terreno, substâncias presentes na atmosfera, vegetação dentre outros fatores, as diversas variáveis que caracterizam a pureza da água apresentarão valores diferentes, por exemplo, é normal locais que tenham proximidade com o oceano como lagunas apresentarem maior concentração de cloreto de sódio.

Variáveis físicas são medidas em escala própria, variáveis químicas geralmente são medidas em concentração, mg/L ou ppm, e as variáveis biológicas pela indicação da densidade populacional do organismo estudado.

3.3.1. Indicadores Físicos

Como características físicas temos a cor, o sabor, o odor e a turbidez da água. A cor indica a existência de substância em solução na água, geralmente essas soluções são de natureza orgânica; a turbidez é a característica que tem como propriedade o desvio de raios luminosos, influencia na transparência da água sendo ainda decorrente da presença de materiais em suspensão, o excesso de turbidez dificulta a fotossíntese na água causando problemas ecológicos para o ecossistema aquático em questão; o sabor e o odor estão associados a elementos indesejados presentes na água como poluentes industriais, matéria orgânica em decomposição, excesso de algas, gases dissolvidos, dentre outros elementos (SPERLING, 1996).

3.3.2. Indicadores Químicos

O conjunto de sais dissolvido na água, geralmente formado por bicarbonatos, cloretos, sulfatos e demais sais, confere à água características incrustantes, sabor salino, além de ser indicativo de poluição por esgoto doméstico, caracterizando o indicador de salinidade da água. Outro indicador é a dureza que confere a água a característica de apresentar sais de metais alcalino-terrosos, como cálcio e magnésio, além de apresentar também metais em menor quantidade. Ou seja, a presença dessas substâncias ou outras dissolvidas na água determinam as

características químicas da água, como aponta Braga et al (2005), só é possível mensurar essas características por meios analíticos.

Segundo Sperling (1996) o indicador de alcalinidade é dado à água em razão da presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Segundo Braga (2005) a corrosividade é a tendência da água de corroer metais devido à presença, em casos raros, de ácidos minerais e mais comumente pela presença em solução de oxigênio, dióxido de carbono e gás sulfídrico.

O ferro frequentemente associado ao manganês confere a água uma coloração avermelhada devido a sua precipitação e sensação de adstringência (SPERLING, 1996).

Impurezas orgânicas de origem vegetal ou animal também indicam poluição, como a matéria orgânica em geral, o nitrogênio sob diversas formas, os cloretos, dentre outros. Nitratos, independente da origem, presentes na água provocam em crianças o estado mórbido denominado cianose ou metemoglobinemia, já os coretos podem indicar mistura com águas residuárias (BRAGA et al, 2005).

Outros elementos que ao atingirem a água tornam ela tóxica são o cobre, o chumbo, o cádmio, o arsênio, o selênio, o mercúrio, o bário, dentre outros. Podendo atingir o meio aquático por meio de despejos industriais, atividades mineradoras e agrícolas. Os fenóis e seus compostos são tóxicos e ainda causam problemas em sistemas de tratamento da água ao se combinarem com o cloro causando sabor e odor desagradáveis na água (BRAGA et al, 2005).

Os detergentes, principalmente os não biodegradáveis, dão sabor desagradável a água, além de formarem espuma em águas agitadas, e quando em teores elevados causam problemas em estações de tratamento de esgoto (SPERLING, 1996).

3.3.3. Indicadores Biológicos

Os indicadores biológicos se dividem em microrganismos aquáticos e os microrganismos de origem externa. Os microrganismos aquáticos desenvolvem suas atividades biológicas de nutrição, excreção, respiração e reprodução na água, provocando modificações de caráter químico e ecológico no ecossistema aquático. Dentre os microrganismos de origem externa, os mais significativos são os

patogênicos, que são introduzidos no meio aquático junto a matéria fecal, não se reproduzem, tampouco se alimentam no meio aquático, tendo assim caráter transitório (BRAGA et al, 2005).

Vários são os organismos que se pode encontrar na água, mas os que mais se destacam são as algas e os microrganismos patogênicos. Segundo Braga et al (2005) as algas são de extrema importância para o ecossistema aquático, contribuem para o equilíbrio ecológico e na produção de parte do oxigênio presente na água graças ao processo de fotossíntese, porém, são a origem de certos problemas. A formação de grande massa orgânica leva a produção de quantidade excessiva de lodo e à liberação de vários compostos orgânicos, que produzem sabor e odor desagradáveis e podem ser tóxicos. O desenvolvimento excessivo de algas contribui também para a turbidez, dificultando os raios solares de chegarem nas partes inferiores da água, prejudicando a fotossíntese e a produção de oxigênio.

Os microrganismos patogênicos chegam na água por meio de matéria fecal de esgotos sanitários, podendo ser bactérias, vírus e protozoários. Esses microrganismos não desenvolvem suas atividades biológicas na água como respiração e nutrição, ou seja, são residentes e não resistem muito tempo no meio aquático, porém, podem alcançar o corpo humano, por meio do contato ou ingestão de água contaminada, causando-lhe, assim, doenças. Nesse sentido, Braga et al (2005, p. 103) aponta que “pela grande variedade de microrganismos patogênicos que podem estar contidos na água, é difícil sua detecção individualizada. É mais fácil inferir sua existência a partir de indicadores da presença de matéria fecal no meio líquido”.

Os coliformes fecais vivem no trato intestinal humano e de outros animais, existindo em grande quantidade nas fezes. Essas bactérias são usadas como indicadores de poluição da água por matéria fecal. Coliformes fecais não são bactérias patogênicas, porém, a presença desse tipo de bactéria na água indica que ela recebeu matéria fecal, podendo conter microrganismos patogênicos (SPERLING, 1996).

Coliformes fecais existem exclusivamente em matéria fecal e em grande quantidade, ou seja, não existem em mais nenhum outro tipo de matéria orgânica poluente, portanto, constituem indicadores específicos de matéria fecal. A bactéria mais usada como indicador de poluição fecal é a *Escherichia coli*. Os coliformes fecais apresentam um alto grau de resistência a luz, ao oxigênio, ao cloro e outros

agentes inibidores de bactérias, reduzindo assim a possibilidade da existência de patogênicos fecais quando não há mais a presença de coliformes fecais (BRAGA et al, 2005).

Ainda segundo esse autor, as bactérias do grupo coliforme são as únicas capazes de fermentar lactose, como resultado produzem resíduos e gases na presença de um componente do intestino, bile. Quando a água for submetida à diluição e apresentar a formação de gás ou outros resíduos, caracterizará a presença de bactérias, além disso, pelo valor das diluições máximas que apresentarem o resultado positivo, será possível avaliar o Número Mais Provável (NMP) de bactérias do grupo coliforme, ou seja, a concentração de coliformes fecais.

3.4. Sistemas de despolição dos recursos hídricos: tratamento de água

Segundo Braga et al (2005) há várias maneiras de alterar as características da água poluída para torná-la compatível com as exigências da saúde pública, essa possibilidade é praticamente ilimitada do ponto de vista técnico, mas enfrenta barreiras de ordem econômica, atrasando assim sua execução. O tratamento de água pode ser feito para fins higiênicos mediante a remoção de bactérias, vírus e outros organismos patogênicos, substâncias tóxicas e nocivas, redução de impurezas e compostos orgânicos.

O tratamento de água também visa questões estéticas, privilegiando-se a correção da turbidez, da cor, do odor e do sabor, além de questões econômicas como a redução da corrosividade, dureza, cor, turbidez, do ferro, manganês, dentre outros (BRAGA et al, 2005).

Ainda de acordo com Braga et al (2005) atualmente existem várias técnicas para o tratamento de água, e quase nunca são utilizadas de maneira isolada, sendo frequente a associação de vários processos. Entre os principais processos podemos citar:

- **Sedimentação ou decantação:** A sedimentação é o processo para a remoção de matérias em suspensão, dependendo do tempo disponível para o processo, do tamanho e da densidade das partículas. Quanto maiores e mais densas as partículas a serem removidas menos tempo é consumido; o contrário acontece para partículas menores e menos densas que requer muito mais tempo de

processo, e caso a quantidade de partículas não sedimentares seja muito alta, só esse processo não será suficiente.

- **Coagulação/floculação:** Tratamento da água com produtos químicos coagulantes, que servem para agregar partículas dificilmente sedimentáveis, juntando-as em aglomerados para poder facilitar a remoção do material, por meio de sedimentação ou filtração ou por ambos.

- **Filtração:** Usando matérias de fina granulometria como areia, antracito, diatomita, a filtração é capaz de remover impurezas muito leves ou finamente divididas para depois serem retiradas por sedimentação.

- **Remoção da dureza:** Também chamado de abrandamento, é o processo que retira elementos que conferem dureza a água, como cálcio e magnésio. Para a precipitação do cálcio são usados produtos químicos, como carbonato de cálcio, e se uma maior remoção for exigida é usado o hidróxido de magnésio para a precipitação do magnésio. O processo geralmente reduz a quantidade de sólidos dissolvidos na água.

- **Aeração:** Remove substâncias voláteis que têm influência sobre o sabor e o odor da água, por isso é usada em conexão com o controle de sabor e odor. É também útil para reduzir o efeito corrosivo da água, pois é capaz de remover o dióxido de carbono da mesma, além de ser útil na remoção de sais de ferro, ajudando a suprir o oxigênio dissolvido.

- **Remoção de sabor e odor:** Vários processos contribuem para a redução do sabor e o odor da água, como já citada ao pontuar sobre o mecanismo de aeração. Sendo assim, processos especiais como oxidação ou adsorção para a remoção do sabor e do odor da água só são necessários em problemas excepcionais.

3.4.1. Exemplos de Recuperação de Corpos Hídricos

Espalhados pelo mundo, vários são os exemplos de recuperação de corpos d'água e cada vez mais as autoridades vem dando crédito no que diz respeito à recuperação de ambientes de água doce, pelo fato da mesma estar cada

vez mais escassa. Um caso, no Brasil, de um programa que está em andamento é o caso da Lagoa da Pampulha localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais, ilustrada na figura a seguir:

Figura 2: Lagoa da Pampulha



Fonte: do Autor

Segundo Serrano (2017) o primeiro passo foi a análise da água e dos sedimentos em diversos níveis de profundidade, para poder ter um diagnóstico inicial das condições do corpo d'água e logo então poder dar início aos trabalhos de recuperação. No tratamento da água da lagoa foram utilizados os produtos *Enzilimp* e *Phoslock*. O *Enzilimp* atua na redução dos coliformes fecais e da DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), já o *Phoslock* vai agir diretamente no principal fator limitante da Lagoa da Pampulha, o fósforo, e em maioria dos corpos d'água em estado de poluição, diminuindo o número de cianobactérias, algas, clorofila-A e alguns metais pesados. Dessa forma é possível dar um aspecto visual na Lagoa bem melhor e uma menor carga poluidora. Para isso, todo o projeto de despoluição da Lagoa da Pampulha fora orçado em 30 milhões de reais.

Também na intervenção realizada na Lagoa da Pampulha foi feito um trabalho de desassoreamento com a retirada de 850 mil metros cúbicos de sedimentos na lagoa, além de complementação na infraestrutura de esgotamento sanitário na bacia hidrográfica em parceria com os municípios de Contagem e Belo Horizonte. O trabalho inclui ainda a identificação e a efetivação de potenciais

ligações domiciliares ao sistema e eliminação de ligações clandestinas de esgoto à drenagem (SERRANO, 2017).

Outro exemplo de “vitória ambiental” foi o trabalho de despoluição do rio Sena em Paris, o mesmo recebia poluição industrial e esgoto doméstico. Em 1960, os franceses passaram a investir na recuperação do corpo hídrico, com a construção de estações de tratamento de esgoto. No começo haviam apenas 11 estações de tratamento de esgoto em funcionamento, hoje atuam cerca de 2 mil (OITO CIDADES MOSTRAM QUE É POSSÍVEL DESPOLUIR RIOS URBANOS, 2017).

Além disso o governo criou leis que multam fábricas e empresas que despejem substâncias nas águas, e dão um incentivo financeiro entre 100 e 150 euros, por hectare, para que agricultores que vivem às margens do rio não o poluam (OITO CIDADES MOSTRAM QUE É POSSÍVEL DESPOLUIR RIOS URBANOS, 2017).

Atualmente, cerca de 30 espécies de peixes já vivem no rio Sena, o qual pode ser visualizado na figura:

Figura 3: Rio Sena



Fonte: 360 meridianos, 2015.

4 METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

A área de estudo compreende a Laguna da Jansen, a qual apresenta uma superfície de aproximadamente 1,5 Km² e está localizada entre os bairros São Francisco, Renascença e Ponta d'areia.

4.2. Procedimentos Metodológicos

O percurso metodológico utilizado para este trabalho baseou-se em uma revisão bibliográfica como ponto de partida, mediante pesquisa em meios eletrônicos, livros e demais literaturas especializadas nessa temática. O estudo de caso referenciou-se em pesquisas já desenvolvidas sobre a laguna da Jansen e informações veiculadas em periódicos. Utilizou-se, ainda, a técnica da observação in loco realizadas nos dias 02 e 12/06/2017, bem como entrevista não-estruturada com o engenheiro civil responsável pela obra de recuperação das comportas realizada no dia 12/06/2017.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. A laguna da Jansen: caracterização

A laguna da Jansen, popularmente chamada de Lagoa da Jansen, surgiu na década de 1970. Durante o plano de urbanização da faixa litorânea localizada no bairro da Ponta D'Areia, foram construídas as avenidas Colares Moreira e Maestro Nunes, para facilitar o acesso ao Bairro São Francisco. Na ocasião, foram efetuados vários aterros, tendo como resultado a Laguna da Jansen, sendo assim, a Laguna da Jansen é um ecossistema de caráter artificial (SEMA/MA, 2013).

A criação do Parque Ecológico da Lagoa da Jansen pelo Decreto Estadual nº 4.878, de 23 de junho de 1988, foi motivada por um protesto de professores e estudantes do curso de ciências biológicas da Universidade Federal do Maranhão, que contestavam a construção de loteamentos na área da Laguna da Jansen. Grandes problemas ambientais foram acentuando-se com o passar dos anos a partir dos processos de urbanização no entorno da Laguna, que está localizada entre os bairros do São Francisco, Renascença, Ponta D'Areia e Ponta do Farol. São exemplos disso, a construção de grandes prédios, residências, bares e diversos estabelecimentos comerciais que despejam esgotos domésticos no corpo d'água, além dos resíduos sólido jogado às margens da laguna, deixando o ecossistema em intenso estado de eutrofização (SEMA/MA, 2013).

Em 14 de Novembro de 2012 o Decreto Estadual nº 28.690 reclassificou o Parque Ecológico da Lagoa da Jansen para Unidade de Conservação de Uso Sustentável do tipo Área de Proteção Ambiental (APA) da Laguna da Jansen e determinou outras providências acerca da laguna.

O processo de eutrofização na laguna da Jansen possui causa artificial ou antrópica. Ocorre fundamentalmente mediante lançamento de cargas pontuais de efluentes domésticos ricos em matéria orgânica, proveniente de condomínios residenciais, palafitas, bares e restaurantes no entorno da laguna e também do carregamento de nutrientes pela drenagem pluvial urbana e assoreamento.

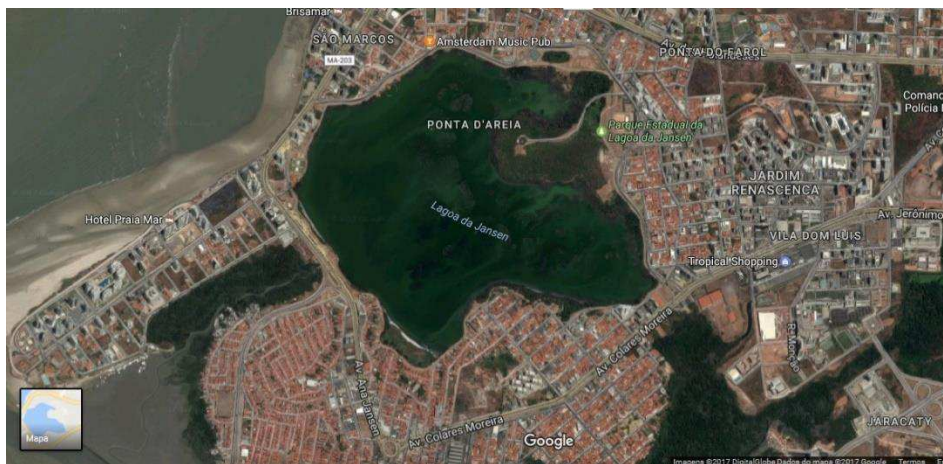
Nesse contexto, nota-se o estabelecimento de condições bastante favoráveis a proliferação de algas, microalgas, cianobactérias e plantas aquáticas, responsáveis pelo aumento excessivo do consumo de oxigênio dissolvido na água, e pela redução da entrada de luz na coluna d'água, prejudicando todos os organismos

vivos, impactando na redução da biodiversidade de espécies, tanto da fauna como flora locais, uma vez que a redução da quantidade de oxigênio dissolvidos dificulta a realização da fotossíntese pelos organismos fotossintetizantes.

O estado de conservação e poluição da Laguna da Jansen, é passível de oferecer riscos à população, em especial à saúde dos pescadores e de suas famílias, sem falar que é um fator que contribui para o “desencantamento” turístico pelo local, contribuindo com a redução do interesse pelo lazer, recreação e o turismo no parque da Lagoa da Jansen.

A área da Laguna da Jansen apresenta uma superfície de aproximadamente 1,5 Km²; inclui área de terra firme, espelho d’água e mangues; constitui-se num corpo d’água costeiro instável, em termos de equilíbrio hidrostático com os corpos d’água adjacentes. Além disso, possui origem antrópica, formada pelo represamento dos igarapés Jaracati e Ana Jansen, sua existência deve-se ao dique de contenção representado pela Avenida Maestro João Nunes (COELHO, 2017). A figura a seguir representa a área da Laguna e o seu entorno:

Figura 4 - Laguna da Jansen



Fonte: Imagem Google Maps

5.1.1. Condições ambientais - Laguna da Jansen

Como já mencionado, habitações, condomínios, bares, restaurantes e outros tipos de estabelecimentos vem sendo responsáveis pelo lançamento de esgoto clandestino, usando a rede de drenagem pública de águas pluviais, em pontos distribuídos em todo entorno da laguna.

Segundo programa “Mais Saneamento” de despoluição da Laguna da Jansen lançado pelo governo do estado do Maranhão, a proposta inicial seria a retirada de 12 pontos de um total de 27 pontos, sendo os outros 15 restantes retirados numa segunda fase. Porém, segundo consta em relatório elaborado pela Secretaria de Estado do meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão (SEMA/MA), feito nos dias 05 e 06 de junho de 2013, foi realizada uma vistoria para identificação e quantificação dos pontos de lançamento direto de esgotos na Laguna. Nessa ocasião a equipe técnica foi composta por um pedagogo, por um técnico em meio ambiente, por um químico e por um geógrafo. Sendo assim, foram identificados 78 pontos de lançamento direto de esgoto, conforme os pontos vermelhos na figura:

Figura 5: Pontos de lançamento de esgoto



Fonte: SEMA, 2013

Fator que tem contribuído significativamente para a poluição e lançamento de esgoto e sedimentos no entorno da laguna, é a grande quantidade de galerias pluviais, agravando e intensificando o processo de eutrofização no corpo d'água, além do assoreamento do corpo hídrico, exigindo a adoção de ações corretivas imediatas (SEMA/MA, 2013).

Segundo o laudo geoambiental e biológico produzido em 2012 pela SEMA/MA, além de serem observados esgoto em vários pontos de drenagem, também foram detectados muitos resíduos sólidos no entorno da Laguna da Jansen, incluindo restos de alimentos, entulhos, dentre outros tipos de resíduos, contribuindo com a poluição visual. Além de que esses resíduos são levados para dentro da laguna, contaminando-a e, conseqüentemente, contaminando o mar, quando aberta as comportas de comunicação da laguna com o mar. Esse fato se agrava com a impermeabilização do solo no entorno da laguna, resultado da retirada da vegetação indiscriminada, construção de habitações, pavimentação das ruas, aterros, dessa forma, os detritos são carregados para dentro da laguna pelo escoamento superficial.

O principal fator do acúmulo de resíduos sólidos no entorno da laguna da Jansen, é devido à disposição inadequada dos mesmos por parte dos moradores e frequentadores do parque, agravando o quadro de poluição. Segundo relatório da SEMA/MA esse tipo de poluição, é responsável também pela redução da profundidade do corpo d'água, que se encontra na média de apenas 1 (um) metro, além da contaminação das águas por meio de lixo tóxico. A figura a seguir mostra a poluição nas águas da laguna por materiais descartáveis e algas em decomposição:

Figura 6: Lixo no entorno da laguna da Jansen



Fonte: do autor

Lagunas diferenciam-se de lagoas por estarem localizadas próximas e receberem influência do mar, assim acontece na laguna da Jansen, que possui dois sistemas de comportas: uma menor que foi dimensionada para a saída da água

represada quando necessário e uma maior para que possa ser permitida a entrada da água do mar na área da laguna. Essa renovação e “troca” de águas na laguna permite a diluição de poluentes e oxigenação da água, contribuindo para a manutenção da fauna e flora pertencente ao ecossistema hídrico.

Infelizmente duas das três comportas existentes não estão funcionando, porém segundo o governo do estado, desde o ano de 2015 está sendo feito um programa de despoluição no corpo d'água e uma dessas ações inclui a restauração de todas essas comportas para que seja feita novamente a renovação das águas da laguna, melhorando assim sua oxigenação possibilitando maior variedade de formas de vida em suas águas. Uma das comportas pode ser visualizada na figura seguinte:

Figura 7: Comporta emperrada



Fonte: Imirante, 2016.

Em visita à obra de infraestrutura dos canais e comportas da Laguna da Jansen no dia 12/06/2017, o engenheiro civil de execução responsável apresentou os objetivos dos serviços de recuperação dos canais de ligação entre o mar e a laguna.

Segundo o mesmo, o escopo do projeto consiste em recuperar as comportas, limpar os canais por onde passam a água do mar e da laguna, e tratamento das juntas de dilatação no canal maior.

Quando o canal maior foi construído, houve uma falha de execução no que diz respeito as instalações das juntas de dilatação, que são dispositivos criados para absorver a dilatação volumétrica dos materiais. O canal maior possuía 7 juntas de dilatação, e as mesmas estavam sofrendo infiltração pelo lado esquerdo,

comprometendo a estrutura, com a oxidação das ferragens e o desgaste do concreto.

Para o tratamento das juntas de dilatação, foram instaladas juntas do tipo fugenband, feitas com PVC de alta densidade que apresentam ótima flexibilidade, tais juntas são próprias para obras de barragens e canais. Dessa forma, serão instaladas somente 6 juntas, pois no começo do canal será instalada uma única peça maior, não necessitando de juntas nesse local. A imagem a seguir apresenta a instalação de uma dessas juntas:

Figura 8: Junta de dilatação Fugenband



Fonte: do autor

Outra manobra a ser realizada é a limpeza dos canais de ligação do mar com a laguna da Jansen, tanto na comporta maior, como na comporta menor.

Serão colocadas vigas pré-moldadas, que são peças de concreto pré-moldadas, em compartimentos instalados na superfície dos canais, para que possam funcionar como comportas ensecadeiras de manutenção, que irão controlar a entrada e passagem de água pelos mesmos, possibilitando a limpeza e obras de recuperação.

Com o uso de caminhão munk, as vigas pré-moldadas serão instaladas nos compartimentos em destaque na figura 7; as mesmas serão apoiadas em estruturas metálicas em formato de “U”. Tais peças possuem revestimento em borracha, para impedir com qualquer tipo de infiltração.

Junto a essa manobra, será feito a “secagem” da laguna para a retirada do máximo de água possível do corpo hídrico. Tal procedimento consistirá na abertura da barragem de sacos de areia responsáveis pela vedação da água da laguna e tem como objetivo a limpeza dos canais. Este procedimento só será realizado após a conclusão do tratamento das juntas do canal maior.

Segundo o engenheiro responsável, como não será retirada toda a água da laguna, o impacto à vida aquática que lá existe é praticamente nulo. O tempo de uma preamar para outra é de aproximadamente 12 horas, o tempo para a retirada da água da laguna seria de 6 horas (o máximo de água possível) e assim esperaria a chegada da água do mar para a reposição da água na laguna. Afirma o engenheiro que:

A intenção é abrir as comportas ensecadeiras (vigas pré-moldadas), tirar a água para justamente lavar o canal maior, que está com bastante lama e sujeira, esperando o avanço da maré, e então tornarmos a colocar a água do mar par a laguna (ENTREVISTADO).

Nas figuras (9 e 10) abaixo é possível visualizar os canais maior e menor, bem como, a viga pré-moldada ensecadeira ilustrada na figura 11:

Figura 9: Canal Maior



Fonte: Do autor

Figura 10: Canal Menor



Fonte: Do autor

Figura 11: Viga Pré-Moldada Ensecadeira



Fonte: do autor

O serviço também irá incluir a substituição e a manutenção dos mecanismos de abertura das comportas: na comporta menor, que está oxidada e conseqüentemente de difícil manuseio como consta na figura 5, é usado o mecanismo de manivela, já a comporta maior usa um sistema de motor-bomba para a sua abertura, o qual devido à falta de fiscalização, segundo o engenheiro responsável, sofre com o furto das peças.

5.1.2. Análise físico-química da água da Laguna da Jansen

No trabalho de pesquisa científica intitulado: “Análise físico química da água da Laguna da Jansen, São Luís, MA” de alunos do curso de mestrado em química analítica da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), contém os valores de alguns nutrientes que determinam a qualidade da água segundo resolução nº 357 do CONAMA¹ de 17 de março do ano de 2005. Os ensaios foram realizados no período chuvoso e no período seco (COSTA NETO et al, 2007).

Segundo dados dessa pesquisa, a água apresentou temperaturas elevadas nos dois períodos pelas características da região, valores entre 27 °C e 29 °C, além de pH alcalino devido ao efeito tampão causado pela entrada da água do mar, apresentando valores entre 8,3 e 8,9. Segundo valores estabelecidos pelo CONAMA na referida resolução, o pH ideal compreende valores entre 6,5 e 8,5.

Os valores encontrados nos dois períodos no que diz respeito aos nutrientes ultrapassaram os valores estabelecidos pelo CONAMA para águas salobras. As concentrações de sulfatos, sulfetos, fosfatos, apresentaram taxas elevadíssimas, caracterizando um ambiente eutrofizado. O oxigênio dissolvido apresentou valores menores na estação seca que na estação chuvosa devido as altas temperaturas tornarem o oxigênio menos solúvel, pelo fato de a água não atingir altura suficiente para abertura das comportas, comprometendo a abertura das comportas para a renovação das águas, e também pelo fato da baixa profundidade e entrada de esgotos. Na estação chuvosa, a taxa de oxigênio dissolvido aumentou devido a renovação da água por meio da abertura da comporta permitindo a renovação da água, porém o lançamento de esgoto permaneceu constante. Com

¹ Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

base na condição estabelecida pela resolução do CONAMA, foi possível constatar que a concentração de oxigênio dissolvido continuou baixa (COSTA NETO et al, 2007).

A seguir a tabela (tabela 1) das características físicas e químicas da laguna da Jansen e de valores de diversos nutrientes encontrados na análise físico-química (tabela 2) em comparação com os valores estabelecidos pelo CONAMA:

TABELA 1 - Características Físico-Químicas da água Laguna da Jansen

Descritores Físico-Químicos	Valores Obtidos em Dez/2006	Valores Obtidos em maio/2007	Valores Estabelecidos pelo CONAMA, res n° 357 de 17 de março de 2005
Temperatura	29 °C	27 °C	
Salinidade	0,023	0,0095	0,5 – 30
Condutividade Elétrica	4800 μ s.cm	16000 μ .cm	
Sólidos Totais Dissolvidos	8,4 mg/L	8,4 mg/L	
pH	8,3	8,9	6,5 - 8,5

Fonte: COSTA NETO et al, 2007

TABELA 2 – Análise físico-química da água da Laguna da Jansen

Parâmetros físico-químicos (mg/L)	Estação seca	Estação chuvosa	Valor estabelecido pelo CONAMA, res. n° 357 de 17 de março de 2005
Oxigênio dissolvido (O.D)	0,14 \pm 0,01	0,33 \pm 0,01	\geq 5
Nitrato (NO ₃ -)	0,023 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01	0,70
Nitrito (NO ₂ -)	0,089 \pm 0,009	0,039 \pm 0,012	0,2
Amônio (NH ₄ +))	0,005 \pm 0,01	0,18 \pm 0,01	0,70
Silicato [Si(OH) ₄]	3,41 \pm 0,011	9,20 \pm 0,008	*
Fosfato inorgânico (PO ₄ -3)	1,67 \pm 0,01	0,68 \pm 0,012	*
Fosfato orgânico (PO ₄ -3)	2,96 \pm 0,01	2,46 \pm 0,012	*

Fonte: COSTA NETO et al, 2007.

TABELA 2 – Análise físico-química da água da Laguna da Jansen

Fosfato total (PO ₄ -3)	4,54±0,01	3,14±0,011	0,186
Sulfeto (S ⁻)	1,16±0,009	0,43±0,01	*
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	44,6±0,008	30,9±0,01	*
Sódio (Na ⁺)	7100±0,01	3770±0,01	*
Potássio (K ⁺)	5700±0,01	180±0,01	*
Cálcio (Ca ²⁺)	2590±0,01	640±0,01	*
Magnésio (Mg ²⁺)	1835±0,01	1272±0,01	*
Alumínio total dissolvido	0,147±0,018	0,148±0,017	0,1
Ferro total dissolvido	0,064±0,012	0,063±0,011	0,3

Fonte: COSTA NETO et al, 2007.

Diante dos resultados apresentados, observa-se que entre os nutrientes nitrogenados apenas o nitrito (NO₂) apresentou concentrações maiores nos períodos de estação seca, pelo fato de a água estar com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, pois como fora citado, em estações secas a comporta não se abre, e não ocorre a renovação das águas; segundo Costa Neto et al (2007) com a baixa concentração de oxigênio, o nitrito foi impedido de se oxidar em nitrato, deixando tal nutriente em baixas concentrações, prejudicando o desenvolvimento dos organismos autótrofos como algas e fitoplanctons, pois o nitrato é a forma nitrogenada preferida destes seres vivos.

Na estação chuvosa, que apresenta o maior volume de água e a abertura da comporta para renovação e conseqüentemente oxigenação do corpo d'água, é visto uma maior concentração de oxigênio dissolvido, logo, de acordo com Costa Neto et al (2007) houve uma diminuição nas concentrações de nitrito, visto que com a elevação da concentração de oxigênio, ocorreu a oxidação do nitrito em nitrato, logo as concentrações de nitrato junto as concentrações de amônio aumentaram, também devido ao aumento da respiração dos organismos aquáticos. As concentrações desses nutrientes se enquadram na classe 2 de águas salobras (Nitrato e Amônio é permitido até 0,70 mg/L), destinadas a pesca amadora e a recreação de contato secundário, ou seja, pequena possibilidade de ingestão de água, e o contato com a água é esporádico ou acidental, como em atividades de navegação como iatismo.

No que diz respeito as frações do fosfato (PO_4^{3-}), o fato da laguna apresentar pH alcalino (8,3 na estação seca e 8,9 na estação chuvosa) foi fator determinante na formação das formas inorgânicas H_2PO_4 e HPO_4^{2-} , sendo a fração orgânica maior, devido ao excesso de matéria orgânica por esgotos; durante a estação seca os valores de fosfato total apresentou concentrações elevadíssimas de 4,54 mg/L, ultrapassando e muito o valor máximo estabelecido pelo CONAMA na resolução descrita na tabela para águas salobras de classe 2 de 0,186 mg/L, sendo o fosfato um nutriente que limita a produtividade num corpo d'água, tais taxas caracterizam o ecossistema aquático como eutrófico. O lançamento excessivo de esgotos na laguna traz consigo diversos compostos fosfatados, contribuindo para as altas concentrações de fosfatos totais. As matérias orgânicas oriundas da descarga de esgotos devem se sedimentar, porém voltam a coluna d'água devido aos grandes processos de decomposição que consomem o oxigênio dissolvido na água, deixando o ambiente sem a quantidade necessária de oxigênio dissolvido (OD). Durante a estação chuvosa a concentração de fosfatos total diminui, devido ao maior índice pluviométrico, permitindo a entrada de água do mar pela comporta, não tendo relação com a carga de esgoto recebida pela laguna que continua a mesma. (COSTA NETO et al, 2007).

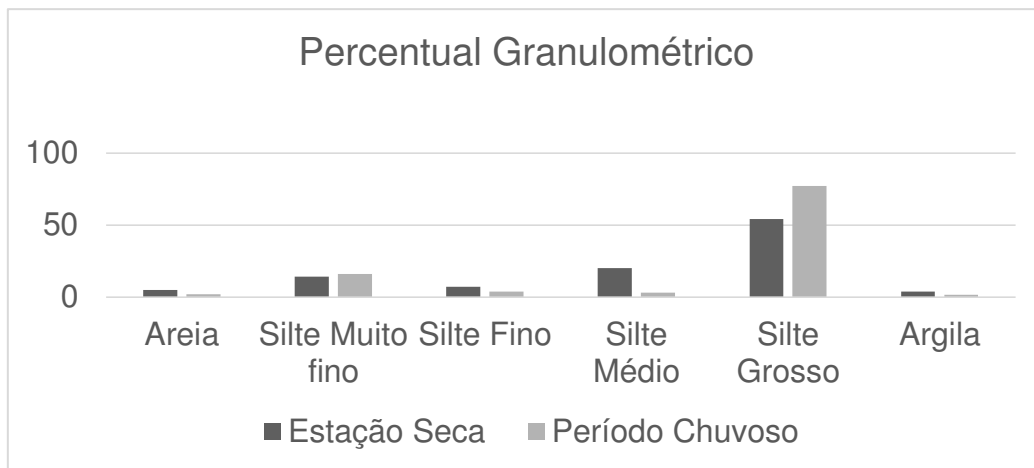
As altas concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) e Sulfeto (S^-) apresentadas na tabela 1 também são indicadores do processo eutrófico instalado na Laguna da Jansen. Na estação seca, onde as taxas de oxigênio dissolvidos são ainda menores, as concentrações de sulfato são altíssimas e, como os índices de chuvas são mínimos, não ocorre a abertura da comporta, logo, a renovação das águas também não acontece. Além disso, com o elevado consumo de oxigênio (O_2) de microrganismos decompositores, ocorre o aumento da concentração de sulfato. Com o processo de decomposição intenso ocorre a liberação do gás sulfídrico, aumentando vertiginosamente as concentrações de sulfeto (S^-), o que indica que aquela água está com déficit nos níveis de oxigênio dissolvido, ou seja, indicando características anaeróbias. Na estação chuvosa, com a entrada de mais água do mar pela comporta, houve uma diminuição na concentração de sulfato e sulfeto, mas não significativa, ficando ainda com concentrações extremamente altas, caracterizando um ambiente impróprio para a manutenção da vida marinha, e com excesso de matéria orgânica oriunda de esgotos (COSTA NETO et al, 2007).

A quantidade de ferro total (Fe^{2+}) está dentro do permitido pela Resolução nº 357 do CONAMA, o Alumínio (Al^{3+}) teve as mesmas concentrações nas duas estações do ano, ambas maiores que o permitido pela resolução supracitada na Tabela 2. A alta concentração de Alumínio, por ser fitotóxico e possuir fácil bioacumulação, prejudica toda a cadeia trófica da laguna. As altas concentrações podem estar ligadas aos fosfatos do esgoto depositado na laguna, pois liberam alumínio devido as condições anóxicas e do excesso de gás sulfídrico (COSTA NETO et al, 2007).

5.1.3. Análise físico-química dos sedimentos da Laguna da Jansen

No trabalho, “*Análise Físico-Química dos sedimentos da Laguna da Jansen*”, do mesmo trabalho supracitado sobre a análise físico-química da água da laguna da Jansen, foram coletados próximos as palafitas e aos bairros da ponta D’areia e São Francisco - ponto de intensa ação antrópica junto ao lançamento de esgotos - dados sobre os sedimentos na laguna, em duas épocas do ano, na estação seca, e no período chuvoso. O trabalho foi realizado com o auxílio de uma draga do tipo Van Veen, armazenadas em caixas de isopor com gelo, e ao chegar no laboratório foram colocadas em congelador sob temperatura controlada de 18°C (COSTA NETO et al, 2007).

Como resultados, temos como dados granulométricos, que os sedimentos na laguna da Jansen em sua maioria, são siltes, de coloração cinza-escuro, homogêneos quanto ao seu aspecto. “Os sedimentos da laguna granulometricamente são siltes, de coloração cinza escuro, bastante homogêneos quanto ao seu aspecto, pois em ambas as estações o silte grosso apresentou maiores valores percentuais”. (COSTA NETO et al, 2007).

Gráfico 1 – Percentual granulométrico de sedimentos na laguna da Jansen

Fonte: COSTA NETO et al, 2007

De acordo com Costa Neto (2007), o pH do sedimento, devido à escassez de água e excesso de matéria orgânica depositada na parte superficial do sedimento, apresentou características ácidas em água deionizada e em solução de cloreto de cálcio, tanto na estação seca, como no período chuvoso. A matéria orgânica depositada na superfície do sedimento quando está em decomposição por ação dos microrganismos libera ácido sulfídrico, por isso o sedimento apresentou características ácidas, representadas pelos valores de pH na Tabela 3:

Tabela 3 – Índice de pH do Sedimento coletado

Estação	pH em água deionizada	pH em CaCl ₂
Seca	6,67	6,63
Chuvosa	6,72	6,55

Fonte: COSTA NETO et al, 2007.

O material apresentado na tabela 4 logo abaixo, representa o teor de carbono orgânico que apresentou valores semelhantes em ambas as estações e o nitrogênio orgânico o qual apresentou valores menores no período chuvoso, tal fato pode estar associado à reciclagem rápida desse elemento, pois uma partícula considerável de nitrogênio pode ser perdida para a atmosfera por consequência do processo de redução. As condições anaeróbias, segundo Keeney apud Costa Neto et al (2007), “tornam mais rápida a mineralização do nitrogênio. No período seco, o fato da reciclagem ser mais lenta, explica as maiores concentrações de nitrogênio orgânico”.

Tabela 4 – Tabela com teores de carbono orgânico, matéria orgânica, enxofre total, nitrogênio orgânico, fósforo total

Elementos físico-químicos	Estação seca	Estação Chuvosa
C.O %	5,00 +/- 0,01	5,10+/-0,04
M.O%	10,30 +/- 0,08	13,80 +/-0,03
S. total (mg/g)	1,28 +/- 0,08	1,10+/-0,03
N.O%	4,10+/-0,01	2,55+/-0,01
P. total (mg/g)	176,5+/-0,03	105,00+/-0,07

Fonte: COSTA NETO et al, 2007.

Em decorrência da diminuição da profundidade na estação seca, as taxas de enxofre total nessa época apresentaram concentrações maiores, bem como concentrações menores na estação chuvosa em decorrência da imobilização desse nutriente pelo ferro formando sulfetos de ferro como pirita ou greigita (COSTA NETO, 2007).

Na estação seca, em função das baixas profundidades e aparente dificuldade de diluição, as concentrações foram maiores. Além disso, Costa Neto et al (2007) afirma que:

As concentrações de fósforo total no período chuvoso apresentaram concentrações muito menores que no período seco, a razão dessa diferença tão grande pode estar associada ao aumento da coluna d'água na estação chuvosa, facilitando o processo de diluição, além da natureza anaeróbica da laguna, pois suas características redutoras desfavorecem a formação de determinados óxidos fixadores de ortofosfatos na interface água/sedimento, liberando-os assim para a coluna d'água (COSTA NETO et al, 2007, s/p).

5.2. Propostas de despoluição da laguna da jansen

As propostas apresentadas a seguir são para enquadrar a laguna da Jansen no nível de classe 2 de águas salobras que, segundo o CONAMA, são águas próprias para a pesca amadora e recreação de contato secundário. Ou seja, atividade em que o contato com a água é esporádico ou acidental, sendo a possibilidade de ingerir água muito pequena, sendo então adequada para atividades como pesca, e diversos tipos de navegação como o iatismo.

Além disso, a laguna da Jansen possui um tamanho relativamente pequeno estando localizada em área urbana. Portanto, de acordo com Ashby (2013, p. 637):

Em lagos ditos pequenos, sobretudo lagoas de parques urbanos (área de superfície inferior a 1 km² e profundidade máxima inferior a 5m), a remediação considera o lago como um todo, buscando sua recuperação ou adequação integral.

5.2.1. Retirada dos pontos de lançamento de esgoto

O excesso de esgoto que foi despejado na laguna da Jansen é sem dúvida um dos principais fatores que contribuíram para a eutrofização e poluição do corpo d'água. Segundo trabalho realizado pelo governo do estado do Maranhão, já foram feitas obras para retirada de 15 pontos de lançamento de esgoto. Para os 12 pontos que ainda existem, faz-se necessário a retirada dos mesmos do entorno da laguna da Jansen, desviando os mesmos para estações elevatórias para que sejam encaminhados para uma estação de tratamento de esgoto, como a estação de tratamento de esgoto do Jaracati, ou a estação de tratamento de esgoto do Vinhais.

Segundo o governo do estado do Maranhão, vários pontos de lançamento de esgoto clandestino também foram destinados para a estação elevatória construída no local para depois serem encaminhados para a ETE do Jaracati, porém, faz-se necessário uma fiscalização intensa por parte das autoridades a respeito do lançamento de esgoto clandestino, tendo como proposta a criação de projeto de lei que punam todos os responsáveis por estabelecimentos, residências, empresas e outros imóveis no entorno da laguna da Jansen que lancem seus efluentes de maneira irregular nas águas da laguna da Jansen, além da criação também de uma forma de denunciar esses casos, conscientizando a população a respeito da importância do não lançamento de efluentes na laguna da Jansen e a denúncia da própria população nestes tipos de caso. No caso da cidade de Santa Catarina, a multa para o lançamento de esgoto clandestino parte do valor de R\$ 388,28 e aumenta no caso de imóveis comerciais ou de prédios, dependendo da economia do imóvel (número de salas comerciais ou apartamentos).

O lançamento de esgoto é um dos principais responsáveis pela natureza eutrófica da laguna da Jansen, pois favorece o acúmulo de nutrientes como nitrogênio e fósforo, além do lançamento de matéria orgânica na água da laguna da Jansen.

Um outro fator que também deve-se levar em consideração é o fato de geralmente o esgoto trazer consigo seres patológicos como vírus, bactérias,

protozoários, substâncias químicas, dentre outros e substâncias que põem em risco as formas de vida presentes no ecossistema, além da população que reside na área da laguna da Jansen, ou que desfruta do parque no seu entorno.

5.2.2. Manutenção e funcionamento das comportas

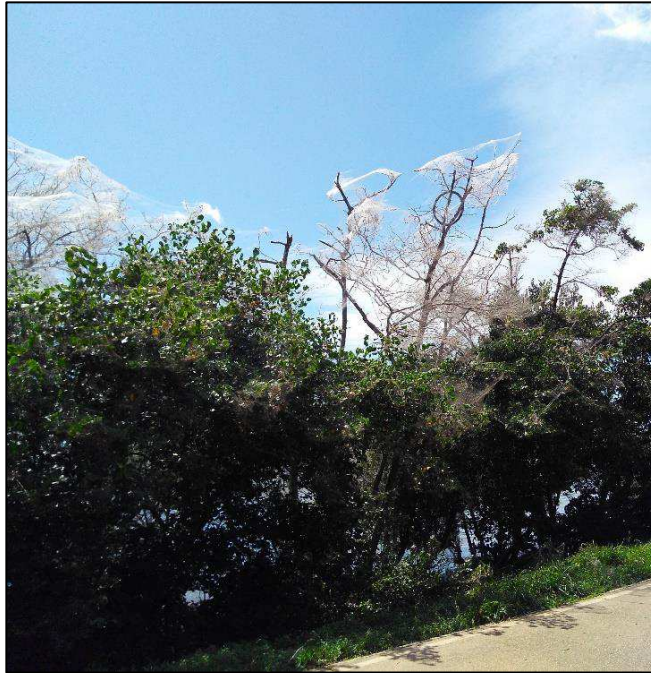
Como visto acima, as águas da laguna da Jansen fazem uma espécie de “renovação”, que é quando as comportas que fazem a comunicação da laguna com o mar se abrem, obedecendo assim um ciclo. O grande problema é que, como visto no capítulo 4, apenas uma das três comportas funcionam, ou seja, se o sistema funcionasse de forma integral a qualidade do corpo d’água poderia estar muito melhor.

Como também foi visto, governo do estadual do Maranhão está realizando obras para a recuperação da qualidade do corpo d’água e uma dessas etapas consiste justamente na troca da comporta. Para isso, recentemente foi necessário fechar a comunicação da água da laguna da Jansen com o mar, represando a água da laguna. Por conta disso acontece no local uma infestação de mosquitos que estão causando muitos transtornos à população, provocando alergia e coceiras segundo os moradores.

As larvas destes mosquitos se desenvolvem em ambientes aquáticos com grandes quantidades de sedimentos; com a água represada em função das obras da troca das comportas, há uma maior concentração de nutrientes, sedimentos e outras substâncias poluidoras, sendo um ambiente perfeito para a proliferação das larvas do mosquito, além do fato também da água estar mais salobra devido ao aumento do índice de chuvas na região nos últimos meses.

Em visita ao parque ecológico da Lagoa da Jansen outro fato inusitado chama a atenção de quem passa por lá, o excesso de aranhas e conseqüentemente de teias. A espécie de aracnídeo é atraída pela alta taxa de mosquitos que se alastram no parque, por se tratar de uma das fontes de alimentos das aranhas, tal fenômeno pode ser visualizado na figura a seguir:

Figura 12: Teias na vegetação da laguna da Jansen



Fonte: do autor

As obras na comporta de comunicação com o mar consistirão em quatro etapas segundo a SINFRA (Secretaria de Estado e Infraestrutura), que é a retirada de infiltrações; selamento das emendas danificadas, reconstrução das comportas e urbanização do entorno.

Porém para a completa recuperação da laguna da Jansen, o ideal seria que as três comportas estivessem funcionando, diminuindo a quantidade de sedimentos. Isso conseqüentemente diminuiria a concentração de nutrientes na laguna que contribuem para a sua eutrofização, aumentando a quantidade de oxigênio dissolvido (O.D) e favorecendo a manutenção da biodiversidade no ecossistema.

Outro ponto a ser destacado é que, como foi observado na tabela 2 e tabela 3, durante o período seco, a qualidade da água piora em diversos pontos como na diminuição da concentração de oxigênio dissolvido e no aumento da concentração de sulfato, potássio e nitratos, por não haver a troca de água com o mar pelas comportas. Logo, uma alternativa é que na revitalização das comportas, os responsáveis a instalem em uma cota que favoreça a troca tanto em grandes como em baixas profundidades, fazendo com que a influência no índice pluviométrico não seja tão grande, garantindo a qualidade da água o ano inteiro.

5.2.3. Limpeza do fundo da Laguna da Jansen - dragagem

A laguna da Jansen é um corpo d'água com uma extensa área de manguezal em seu entorno. Manguezais são ecossistemas ricos em matéria orgânica, e grande parte do fundo da laguna há mangue em decomposição, situação que também é responsável pelo grande mau cheiro em seu entorno, além de outros tipos de sedimentos e agentes poluidores depositados no fundo de suas águas.

A dragagem consiste na limpeza do fundo do corpo d'água. A limpeza total pode recuperar a qualidade das águas, considerando-se que as novas águas que virão (pelo sistema de comunicação com o mar por comportas) já estejam despoluídas, porém o processo de dragagem deve estar associado ao cuidado com a vida aquática local, principalmente a ictiofauna (ASHBY, 2013).

Pode-se usar da dragagem para a limpeza dos sedimentos que comprometem a qualidade da água na laguna, como o manguezal em decomposição no seu fundo e também o lodo formado pela poluição.

De acordo com Ashby (2013, p.637) “o material dragado deve ser depositado em local adequado e seu deságue, via de regra contaminado, deve ser adequadamente tratado”. Não vale a pena fazer a dragagem para descontaminar um ecossistema, se o mesmo não for tratado pois, caso o ecossistema que o receberá, esteja contaminado, tal local acabará por se contaminar também.

5.2.4. Aeração e oxigenação

Ashby (2013, p.638) pontua que “a aeração e a oxigenação do hipolímnio e/ou a aeração/circulação artificial em lagos é possivelmente a medida mais eficaz para sua recuperação e prevenção de degradação”.

A laguna da Jansen segundo dados da tabela 2, contém baixíssimos níveis de concentração de O.D, que contribui para a proliferação de algas na superfície da lâmina da água, aparecimento do lodo e impede a oxigenação do nitrito, favorecendo a diminuição de seres autótrofos, impactando de forma negativa a biodiversidade do ecossistema.

Por se tratar de uma laguna antropicamente impactada, com o decorrer do tempo a laguna da Jansen vai passando por um processo de envelhecimento e degradação, problema facilmente resolvido caso o ecossistema passasse por um

sistema de aeração, que oxidasse a matéria orgânica, melhorando a transparência da água e reduzindo os odores causados pelo gás sulfídrico (H₂S). Esse mecanismo permitiria o controle do lodo do fundo da laguna, além de reduzir significativamente a proliferação de algas.

Entre os aeradores que podem ser aplicados na laguna da Jansen enquadram-se geradores de nanobolhas, que podem ser associados a uma remoção física do lodo depositado no fundo da laguna da Jansen que flota, principalmente nos primeiros dias de aplicação. Além de grandes aeradores e circuladores de água que podem ser instalados na superfície da laguna da Jansen e teriam uma grande área de influência que segundo Ashby (2013) chega a aproximadamente 20 ha (0,2 km²), visto que a laguna da Jansen possui aproximadamente 150 ha (1,5 km²). Portanto, sete circuladores de água seriam suficientes para cobrir toda área da laguna da Jansen na sua aeração, tais aeradores são viáveis quando movidos a partir da energia solar, sendo a cidade de São Luís - MA localizada numa região onde tem-se uma grande intensidade solar o ano todo, o que possibilita uma ótima e viável alternativa para a recuperação da laguna da Jansen.

Uma boa medida para a manutenção dos níveis de oxigênio na água da laguna da Jansen é a adoção de um sistema de monitoramento no corpo d'água para vigiar a quantidade de oxigênio dissolvido na água. No caso de detecção de uma região estar com baixo nível de oxigênio, realizar-se-ia uma injeção de oxigênio isoladamente na região em que foi observado a baixa nas concentrações nos níveis de oxigênio.

5.2.5. Aplicação de Biorremediadores

Segundo Ashby (2013, p.634) remediador é o produto lançado em meio aquoso que “favorece de alguma forma sua despoluição. Observa-se que a aplicação dos remediadores deve ser continuada, para a manutenção dos efeitos buscados”. O uso de biorremediadores consiste na aplicação de um ingrediente ativo de microrganismos que são capazes de se reproduzir e deteriorar bioquimicamente compostos e substâncias contaminantes. Sua aplicação em lagoas consiste na sua dispersão no meio líquido na dosagem adequada na forma de pó (sua aplicação em líquido é aconselhável para águas correntes). A sua dosagem é

definida segundo a DBO, cuja redução é o principal foco do remediador, além da redução do odor, do lodo e melhoria no aspecto da água.

5.2.6. Medidas de conscientização ambiental e limpeza do parque por parte da população frequentadora

A criação de campanhas de conscientização ambiental para as comunidades locais também seria de grande importância para se manter a conservação da água na laguna da Jansen, visto que todo o lixo depositado no seu entorno acaba indo para suas águas devido a ação do vento, da chuva, erosões e outras formas. É importante a fiscalização nas áreas mais escondidas do parque, por conta de carroceiros e caminhões que acabam descarregando entulhos e outros tipos de dejetos, além de uma ronda diária para a eliminação do lixo existente nesses locais.

Outra ação, seria a instalação de cestos de lixo por toda área do parque da laguna da Jansen e coleta diária do mesmo, para não sofrer com o acúmulo, mal cheiro e o aparecimento de seres como moscas, mosquitos, larvas, baratas e outros organismos patogênicos atraídos pelo excesso de lixo.

Outra medida eficiente seria a criação de sarjetas para que o escoamento de águas residuais e pluviais não caiam nas águas da laguna da Jansen, e sim nas redes coletoras de esgoto e que sejam encaminhadas para a ETE do Jaracati.

Diante disso, a tabela 5 apresenta uma síntese de soluções que podem ser aplicadas para resolver os principais problemas da laguna da Jansen:

Tabela 5: Problemas e Soluções Propostas

	PROBLEMA	SOLUÇÃO PROPOSTA
1	EUTROFIZAÇÃO	Retirada dos pontos de esgoto.
		Reativação das comportas de ligação com o mar.
2	LODO DEPOSITADO NO FUNDO DA LAGUNA	Dragagem.
		Aplicação de biorremediadores.
3	BAIXA TAXA DE O.D	Aeração e Oxigenação.
4	SEDIMENTOS NO ENTORNO DA LAGUNA	Serviços de coleta no meio aquático e terrestre.
		Campanhas de conscientização.

Fonte: do autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O parque da Lagoa da Jansen, onde fica localizada a laguna da Jansen é um dos principais parques da cidade de São Luís no Maranhão, atraindo sempre muitos frequentadores e turistas, além da agitada vida noturna no entorno do parque. A poluição deste corpo d'água está causando o abandono do parque por parte da população, ainda trazendo o risco de doenças para a mesma devido a água contaminada, além do mau cheiro presente no local proveniente também das algas na superfície e do mangue depositado no fundo, ambas espécies em decomposição no corpo d'água que afastam turistas, visitantes, frequentadores, desvalorizam a região impactando de maneira negativa a localidade.

A despoluição da laguna da Jansen trará uma harmonia paisagística para o parque, atraindo muitas pessoas à prática de várias atividades no parque e na água da Laguna da Jansen (de contato secundário), além de despertar o interesse de pessoas em passeios e visitas, aquecendo o setor turístico da cidade. Valorizaria ainda o setor imobiliário da região, uma vez que diminuiria ou eliminaria problemas causados pela água contaminada e pela falta de saneamento da região, possibilitando também atividades econômicas no entorno da laguna da Jansen devido a vários bares e restaurantes presentes no local.

A despoluição da laguna da Jansen trará impactos positivos no âmbito cultural, turístico, ambiental e econômico para a cidade de São Luís, melhorando diversas áreas como a saúde, a área imobiliária e sanitária. Também é importante medidas de conscientização por parte da população quanto ao lançamento de esgoto clandestino dentro da água da laguna e o descarte de sedimentos no seu entorno, para que os esforços de despoluição do seu entorno não sejam em vão.

REFERÊNCIAS

ASHBY, M. F. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão/coordenadores** Maria do Carmo Calijuri, Davi Gasparini Fernandes Cunha. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BRAGA et al. **Introdução à engenharia ambiental** – 2ª edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357**, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

COSTA NETO et al. **Análise físico-química do sedimento da Laguna da Jansen, São Luís, MA**. 2007, UFSCAR. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-160.pdf>>. Acessado em: 12/03/2017.

_____. **Análise físico-química da água da Laguna da Jansen, São Luís, MA**. 2007, UFSCAR. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-160.pdf>>. Acessado em: 12/03/2017.

COELHO, Cesary. **Laguna da Jansen – São Luís-MA**. Disponível em: <<http://projetokamaiura.blogspot.com.br/2010/07/laguna-da-jansen-foi-criada-em-23-de.html>>. Acessado em 07/06/2017.

Oito cidades mostram que é possível despouir rios urbanos. Disponível em: <<http://outraspalavras.net/outrasmidias/destaque-outras-midias/oito-cidades-mostram-que-e-possivel-despouir-rios-urbanos/>>. Acessado em 10/06/2017.

Passeio no Rio Sena: um cruzeiro em Paris. Disponível em <<http://www.360meridianos.com/2015/06/passeio-no-rio-sena-paris.html>>. Acessado em: 07/06/2017.

Poluição e forte mau cheiro tomam conta da Lagoa da Jansen. Imirante. Disponível em: <<http://imirante.com/mobile/sao-luis/noticias/2016/08/30/poluicao-e-forte-mau-cheiro-tomam-conta-da-lagoa-da-jansen.shtml>>. Acessado em: 20/03/2017.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS. Superintendência de Planejamento e Monitoramento. **Relatório**. Caracterização Ambiental da Laguna da Jansen. São Luís, 2013.

SERRANO, Franco. **Conheça as técnicas utilizadas na despouição da Lagoa da Pampulha**. Simi 10 anos. Belo Horizonte-MG. 19/Jul/2016. Disponível em: <<http://www.simi.org.br/noticia/conheca-as-tecnicas-utilizadas-na-despouicao-da-lagoa-da-pampulha.html>>. Acessado em: 09/06/2017.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Lucas Porto de Sá Vaz, portador do RG 0156755720009 e CPF 059.296.513.96, aluno matriculado em Trabalho de Graduação, no curso de Engenharia Civil na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), estou realizando pesquisa monográfica intitulada “Disposição de Recursos Hídricos: estudo de caso da Laguna da Jansen em São Luís/MA”.

Você está sendo convidado a participar desta pesquisa a qual consistirá em entrevista não-estruturada e poderá ser gravada, caso haja seu consentimento. Além disso, o anonimato é assegurado ao entrevistado e todos os dados serão confidenciais, divulgando apenas as experiências necessárias à pesquisa. A sua participação é voluntária e de extrema importância para a realização deste estudo.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável. Seguem os telefones e e-mail do pesquisador, quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas com o mesmo.

Atenciosamente,

Lucas Porto de Sá Vaz
32386498 / 992325412

Local/data

Consinto em participar deste estudo e declaro ter recebido uma cópia deste documento.

Assinatura do participante

Local/data

ANEXO A - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DOS PONTOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDICADOS NA FIGURA 5

PE01	-02 29'48,74424"	-44 17'40,88794"	17,189	05/06/2013 16:05
PE02	-02 29'42,52641"	-44 17'43,87012"	5,173	05/06/2013 16:09
PE03	-02 29'38,31250"	-44 17'40,76091"	7,095	05/06/2013 16:14
PE04	-02 29'37,56688"	-44 17'42,71956"	7,576	05/06/2013 16:16
PE05	-02 29'37,50803"	-44 17'44,29046"	6,374	05/06/2013 16:18
PE06	-02 29'36,51015"	-44 17'49,27685"	6,855	05/06/2013 16:22
PE07	-02 29'36,86803"	-44 17'53,03483"	6,615	05/06/2013 16:24
PE08	-02 29'36,78263"	-44 17'54,25208"	5,894	05/06/2013 16:26
PE09	-02 29'36,90122"	-44 17'54,82812"	8,057	05/06/2013 16:26
PE10	-02 29'36,06869"	-44 17'57,68477"	5,413	05/06/2013 16:28
PE11	-02 29'35,07926"	-44 17'59,72731"	5,894	05/06/2013 16:30
PE12	-02 29'34,22079"	-44 18'02,26652"	6,615	05/06/2013 16:31
PE13	-02 29'34,34873"	-44 18'04,82716"	7,095	05/06/2013 16:33
PE14	-02 29'35,34269"	-44 18'06,53868"	7,816	05/06/2013 16:35
PE15	-02 29'36,01860"	-44 18'07,54441"	7,816	05/06/2013 16:36
PE16	-02 29'37,20719"	-44 18'09,20010"	8,297	05/06/2013 16:37
PE17	-02 29'41,11483"	-44 18'14,58088"	6,134	05/06/2013 16:40
PE18	-02 29'41,63535"	-44 18'15,76675"	6,615	05/06/2013 16:41
PE19	-02 29'42,01555"	-44 18'18,29178"	7,576	05/06/2013 16:42
PE20	-02 29'42,32605"	-44 18'20,62671"	7,336	05/06/2013 16:44
PE21	-02 29'43,48386"	-44 18'21,20637"	7,095	05/06/2013 16:45
PE22	-02 29'44,67848"	-44 18'21,72628"	6,374	05/06/2013 16:46
PE23	-02 29'48,96965"	-44 18'23,72446"	6,134	05/06/2013 16:47
PE24	-02 29'50,08642"	-44 18'23,73201"	6,134	05/06/2013 16:48

Fonte: SEMA/MA, 2013.

ANEXO A - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DOS PONTOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDICIADOS NA FIGURA 5.

PE25	-02 29'50,93826"	-44 18'23,74619"	6,615	05/06/2013 16:49
PE26	-02 29'52,22461"	-44 18'24,18312"	6,615	05/06/2013 16:50
PE27	-02 29'54,61144"	-44 18'25,35240"	6,374	05/06/2013 16:52
PE28	-02 29'55,99405"	-44 18'24,89525"	5,413	05/06/2013 16:55
PE29	-02 29'57,17721"	-44 18'24,84636"	5,173	05/06/2013 16:56
PE30	-02 30'03,34223"	-44 18'19,75677"	4,211	05/06/2013 17:00
PE31	-02 30'04,18502"	-44 18'19,43632"	5,413	05/06/2013 17:01
PE32	-02 30'04,69980"	-44 18'21,86539"	7,576	05/06/2013 17:02
PE33	-02 30'07,48524"	-44 18'17,92244"	6,855	05/06/2013 17:06
PE34	-02 30'08,31716"	-44 18'17,00543"	6,134	05/06/2013 17:07
PE35	-02 30'08,74685"	-44 18'16,20942"	5,653	05/06/2013 17:07
PE36	-02 30'08,90376"	-44 18'14,85879"	4,692	05/06/2013 17:08
PE37	-02 30'10,51902"	-44 18'13,19072"	4,452	05/06/2013 17:10
PE38	-02 30'12,10592"	-44 18'12,72724"	5,894	05/06/2013 17:11
PE39	-02 30'13,07875"	-44 18'12,48614"	6,855	05/06/2013 17:12
PE40	-02 30'13,58991"	-44 18'12,52597"	6,615	05/06/2013 17:12
PE41	-02 30'15,18556"	-44 18'13,36182"	7,576	05/06/2013 17:14
PE42	-02 30'16,20517"	-44 18'12,74655"	6,374	05/06/2013 17:15
PE43	-02 30'16,62339"	-44 18'11,91916"	6,615	05/06/2013 17:16
PE44	-02 30'16,99726"	-44 18'11,07004"	5,653	05/06/2013 17:16
PE45	-02 30'19,27425"	-44 18'08,84977"	6,134	05/06/2013 17:18
PE46	-02 30'19,65536"	-44 18'07,28188"	6,134	05/06/2013 17:19
PE47	-02 30'19,62187"	-44 18'06,70042"	7,095	05/06/2013 17:19
PE48	-02 30'19,14963"	-44 18'05,94122"	6,374	05/06/2013 17:20
PE49	-02 30'18,78029"	-44 18'05,62106"	7,576	05/06/2013 17:20
PE50	-02 30'17,36328"	-44 18'04,01636"	7,576	05/06/2013 17:21

Fonte: SEMAMA, 2013.

ANEXO A - COORDENADAS GEOGRÁFICAS DOS PONTOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDICADOS NA FIGURA 5.

PE51	-02 30'16,89587"	-44 18'03,57641"	6,615	05/06/2013 17:22
PE52	-02 30'16,08507"	-44 18'02,54262"	7,576	05/06/2013 17:23
PE53	-02 30'15,31592"	-44 18'01,72036"	7,576	05/06/2013 17:24
PE54	-02 30'15,05581"	-44 18'01,42163"	7,336	05/06/2013 17:25
PE55	-02 30'14,15388"	-44 18'01,34408"	7,336	05/06/2013 17:26
PE56	-02 30'13,20971"	-44 18'01,35464"	6,855	05/06/2013 17:26
PE57	-02 30'10,40496"	-44 17'58,71917"	6,855	05/06/2013 17:28
PE58	-02 30'08,79573"	-44 17'57,65309"	6,374	05/06/2013 17:29
PE59	-02 30'07,89954"	-44 17'56,77530"	5,653	05/06/2013 17:30
PE60	-02 30'08,11077"	-44 17'55,04508"	6,855	05/06/2013 17:31
PE61	-02 30'08,79966"	-44 17'53,68872"	7,336	05/06/2013 17:33
PE62	-02 30'09,76887"	-44 17'52,23851"	6,855	05/06/2013 17:34
PE63	-02 30'09,53743"	-44 17'49,28500"	6,374	05/06/2013 17:36
PE64	-02 30'11,70157"	-44 17'47,46515"	6,855	05/06/2013 17:37
PE65	-02 30'12,84792"	-44 17'47,13595"	6,134	05/06/2013 17:38
PE66	-02 30'10,99971"	-44 17'43,85926"	4,452	05/06/2013 17:40
PE67	-02 30'10,80417"	-44 17'40,33061"	5,653	05/06/2013 17:41
PE68	-02 30'10,76193"	-44 17'38,02224"	3,731	05/06/2013 17:43
PE69	-02 30'10,47165"	-44 17'36,40818"	3,731	05/06/2013 17:44
PE70	-02 30'09,58963"	-44 17'35,63510"	4,211	05/06/2013 17:44
PE71	-02 30'07,80147"	-44 17'33,71357"	4,452	05/06/2013 17:45
PE75	-02 30'00,86729"	-44 17'35,92358"	16,228	06/06/2013 15:27
PE76	-02 29'58,62108"	-44 17'36,40788"	14,786	06/06/2013 15:29
PE77	-02 29'55,98500"	-44 17'38,38041"	14,065	06/06/2013 15:31
PE78	-02 29'54,30788"	-44 17'39,75065"	15,026	06/06/2013 15:32

Fonte: SEMA/MA, 2013.