



Núbia Rafaella Silva de Santana Souza

**ANÁLISE DO USO DE NANOMATERIAIS
NA REMOÇÃO DE METAIS PESADOS NO
ESTUÁRIO DO PINA (PERNAMBUCO)**



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Núbia Rafaella Silva de Santana Souza

ANÁLISE DO USO DE NANOMATERIAIS NA REMOÇÃO DE METAIS PESADOS NO ESTUÁRIO
DO PINA (PERNAMBUCO)

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Souza, Núbia Rafaella Silva de Santana
S719A ANÁLISE DO USO DE NANOMATERIAIS NA REMOÇÃO DE METAIS PESADOS
NO ESTUÁRIO DO PINA (PERNAMBUCO)
/ Núbia Rafaella Silva de Santana Souza. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2022

58 f.: il

DOI: 10.37423/2022.edcl448

ISBN: 978-65-5367-066-2

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. nanotecnologia 2. metais-pesados 3. estuário 4. engenharia-ambiental 5. poluição I. Souza, Núbia Rafaella Silva de Santana II. Título

CDU: 660.6

<https://doi.org/10.37423/2022.edcl448>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2022



10.37423/2022.edcl448



Dedico esta monografia primeiramente ao criador pela dádiva do conhecimento. Segundo, dedico aos meus pais que desde a minha infância tem dado grande incentivo ao meu desenvolvimento intelectual.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por me guiar no caminho da fé e sabedoria.

Ao universo por estar contribuindo no meu processo de autoconhecimento através de práticas meditativas. Essa conexão permitiu ter uma perspectiva da vida através de diferentes aspectos fortalecendo ainda mais o meu propósito.

Aos meus pais, meu irmão e meu esposo que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava as minhas rotinas acadêmicas e meus propósitos.

Ao professor Dr. Antenor Jorge Parnaíba por lecionar de maneira criativa, compreensível e objetiva. Ao professor Msc. Helvio Polito Lopes Filho pelas aulas de conteúdo bastante rico que me permitia até esquecer do tempo. Ao professor Dr. Diogo Francisco Borba Rodrigues por compartilhar seu conhecimento em geoprocessamento sendo de suma importância para as etapas preliminares desta monografia. As professoras Msc Alice de Albuquerque e Msc Tatiana Patricia Nascimento da Silva Rodrigues por lecionarem com excelência e paixão um dos temas na área ambiental que eu sou muito encantada: água e efluentes.

Ao professor Msc Gabriel Lyra Mendes Vieira Mota e minha orientadora de estágio I e II, Dra. Janaina Pauline de Araújo, pelo estímulo na busca de conhecimento constante. Principalmente a minha coorientadora Dra. Maria Clara Pestana Salsa e orientadora Msc Adriane Mendes Vieira Mota pelo tempo dedicado com muita motivação e otimismo ao longo do semestre contribuindo de forma significativa no desenvolvimento da minha monografia através de suas expertises em meio ambiente e biotecnologia sendo referências como profissionais nessas esferas.

“Acredito no poder transformador da educação.”

Autor desconhecido

Resumo: Grande parte das ameaças à biodiversidade dos ambientes costeiros é resultado da interferência antrópica assim também como das tendências de expansão demográfica. A água é um recurso natural indispensável e largamente utilizado em atividades domésticas, agrícolas e indústrias por exemplo. Tais atividades podem trazer consequências o que pode impactar diretamente na qualidade da água acarretando o desequilíbrio no regime hídrico. Elementos químicos como os metais pesados que apresentam uma elevada massa atômica possuem a capacidade de perder elétrons devido a sua baixa energia de ionização podendo formar sulfetos e hidróxidos insolúveis em água. Esses contaminantes por sua vez possuem efeito bioacumulativo sendo bastante nocivos ao meio ambiente e a saúde. O objetivo da presente pesquisa foi analisar a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe onde o ambiente estuarino Bacia do Pina está inserida para trazer soluções alternativas de remoção de metais pesados através do uso de nanomateriais. Para isso, foram utilizados os dados georreferenciados da Região Metropolitana do Recife para levantamento do corpo hídrico a ser estudado, identificação de fontes de contaminação da área, interpretação dos dados analíticos obtidos através de monitoramento ambiental realizados pelos órgãos ambientais e revisão de literatura. Os resultados foram satisfatórios para a aplicação de nanomateriais na remoção de metais pesados. O polímero dendrítico e a magnetita se mostraram mais eficazes levando em consideração suas especificidades quando comparados com os nanotubos de carbono e os nanozeólitos. Portanto, a análise criteriosa para cada nanomaterial estudado é deveras importante para a mitigação dos impactos ambientais causados por metais pesados em atendimento aos padrões de qualidade de água dos corpos hídricos e às legislações ambientais vigentes.

Palavras-chave: Poluição. Bioacumulativo. Monitoramento ambiental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem do manguezal do Pina. Manejo inadequado de resíduos sólidos devido ação antrópica.	15
Figura 2 – Exemplo de classificação de polímeros dendríticos	19
Figura 3 - Partículas em suspensão em uma solução de cobre (esquerda) e partícula atraída pela força magnética (direita)	20
Figura 4 - Esquema das etapas de utilização da magnetita nanoestruturada na adsorção de metais pesados.....	21
Figura 5 - Imagem microscópica (a) partículas nanozeólitas e (b) partículas nanozeolíticas com adição de cobre	21
Figura 6 - Nanotubos de carbono	22
Figura 7 - Localização Estuário da Bacia do Pina na Região Metropolitana do Recife - RMR	28
Figura 8 - Mapa representa a área de confluência dos rios na APA Estuarina da Bacia do Pina – RMR	29
Figura 9 - Atividade de aquicultura – Bacia do Pina	29
Figura 10 - Atividade de pesca – Bacia do Pina	30
Figura 11 - Gráfico dos resultados obtidos da análise de DBO - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe 2018.	32
Figura 12 - Mapa da Qualidade das Águas Superficiais de Pernambuco 2018 – Bacias Litorâneas.....	33
Figura 13 - Gráfico dos resultados obtidos da análise de Oxigênio Dissolvido - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe 2018.	34
Figura 14 - Gráfico dos resultados obtidos da análise de fósforo - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe 2018.	34
Figura 15 - Gráfico dos resultados obtidos da análise de coliformes termotolerantes - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe 2018.	35

Figura 16 - Mapa hidrográfico da região costeira do município do Recife. Com vista do Parque dos Manguezais ao Sudoeste do Sistema Estuarino do Pina. 36

Figura 17 - Mapeamento das indústrias instaladas no trecho do Rio Capibaribe..... 37

Figura 18 – Mapeamento saídas de esgotos na área estuarina do Rio Capibaribe. 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos Estuários 17

Tabela 2 - Classificação da qualidade da água das praias segundo o Índice de Balneabilidade18

Tabela 3 - Classificação das águas de acordo com a salinidade 23

Tabela 4 - Classificação de acordo com o enquadramento das águas 23

Tabela 5 – Leis Ambientais Federais 24

Tabela 6 - Leis Ambientais Estaduais 25

Tabela 7 – Comparativo dos resultados de DBO extraídos - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe nos anos de 2002 e 2018. 31

Tabela 8 - Comparativo métodos de remoção por nanopartículas 39

LISTA DE SIGLAS/ABREVIATURAS

ANA- Agência Nacional de Águas

APA- Área de Preservação Ambiental

Art- Artigo

Ca- Cálcio

CB- Capibaribe

Cd- Cádmio

CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNTs- Nanotubos de Carbono

Coli- Coliformes

CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente

Co- Cobalto

CPRH- Agência Estadual de Meio Ambiente

Cu- Cobre

DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio

Esig- Informações Geográficas do Recife

EPA- Environmental Protection Agency

Et. al.- E outros

Hg- Mercúrio

H+ - Íon de hidrogênio

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IET -Índice de Estado Trófico

km²- Kilômetros quadrados

m -metro

MCTIC- Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

ml- Mililitro

MG- Minas Gerais

Mn- Manganês

mg/L- Miligramas por litro

mg Pt/L -Miligramas de platina por litro

MS- Ministério da Saúde

Ni- Níquel

Nm- nanômetro

NMP- Número Máximo Permitido

OD- Oxigênio Dissolvido

O2- Oxigênio

P- Fósforo

Pb- Chumbo

pH- Potencial Hidrogeniônico

PNMA- Política Nacional do Meio Ambiente

PP- Potencial de Poluição

REC- Recife

RMR- Região Metropolitana do Recife

RSS- Risco de Salinização do Solo

S- South

SRH- Secretaria de Recursos Hídricos

UNT- Unidades Nefelométricas de Turbidez

USP- Universidade de São Paulo

W- West

WHO- *World Health Organization*

Zn- Zinco

§- Parágrafo

Sumário

AGRADECIMENTOS4

LISTA DE FIGURAS7

LISTA DE TABELAS9

LISTA DE SIGLAS/ABREVIATURAS.....10

1. INTRODUÇÃO

As águas costeiras abrigam uma rica fauna e flora que são de fundamental importância para o ecossistema marinho. As águas adjacentes ao litoral recebem a contribuição de nutrientes carregados pela confluência dos rios e sofrem bastante com a ação antrópica. A manutenção da qualidade dessas águas é de extrema relevância não apenas para garantir a recreação primária e secundária, mas também para a preservação da variabilidade genética do meio biótico e a continuação da produtividade pesqueira.

O desenvolvimento urbano e a expansão nas áreas costeiras e portuárias são motivados principalmente pelo descarte inadequado de resíduos sólidos e lançamento de efluentes fora dos padrões de acordo com a classificação de cada corpo hídrico. A Área de Preservação Ambiental (APA) Estuarina da Bacia do Pina está entre as 13 APAs presentes no estado de Pernambuco, no qual o ecossistema a ser protegido são os manguezais estando este inserido em um dos maiores manguezais em área urbana do mundo. Esse complexo estuarino por sua vez é formado pelos Rios Pina, Jordão e Tejiupió sendo o Parque dos Manguezais um dos últimos resquícios de mangue preservado da cidade do Recife.

A principal finalidade da APA é o seu uso de forma sustentável, além da conservação e recuperação do ecossistema. Dados de estudos recentes evidenciam contaminantes presentes em bacias hidrográficas no Recife, dentre eles os metais pesados. Tais contaminantes possuem efeito bioacumulativo no organismo trazendo danos severos e até mesmo irreversíveis à saúde humana. Devido ao seu alto peso molecular as partículas podem se sedimentar contaminando tanto a água quando o solo.

A presença de metais pesados em ambientes aquáticos causa perturbações no ecossistema alterando o habitat natural sendo responsável pelo desequilíbrio ecológico. Quando esse desequilíbrio ocorre impacta em toda teia trófica aquática. Que por sua vez compromete a diversidade de muitos organismos refletindo na pesca local das famílias ribeirinhas. Em manguezais por exemplo essa perturbação ecológica pode não possibilitar a recuperação natural do ecossistema. O que influencia diretamente não apenas na esfera ambiental, mas também socioeconômica.

Sabendo das adversidades causadas por metais pesados e dos fatores que estão ligados de forma direta e indireta às atividades humanas reforça a iminência de soluções alternativas que possuam o intuito de atenuar seus efeitos danosos. O trabalho acadêmico possui o objetivo de analisar a

aplicabilidade de nanomateriais como um agente facilitador na remoção de metais pesados no estuário da Baía do Pina o que permitiria contribuir de forma bastante significativa a garantir a subsistência de várias espécies assim também como trazer equilíbrio e harmonia entre os seres vivos e seu ambiente natural.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar possíveis métodos de remoção de metais pesados no Estuário do Pina utilizando nanomateriais.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Análise dos dados analíticos da qualidade do corpo hídrico emitido pelo órgão ambiental e comparar junto a legislação vigente
- Quantificar/qualificar quais os contaminantes tóxicos estão presentes no corpo hídrico e que mais afetam
- Analisar os diferentes tipos de nanomateriais para o contaminante observado no estudo e indicar o mais recomendado

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 POLUIÇÃO HÍDRICA

Devido ao alto grau de impacto antrópicos decorrentes da expansão urbana e do despejo de efluentes industriais e domésticos assim como manejo inadequado de resíduos sólidos (Figura 1), tem chamado a atenção para as medidas de conservação existentes nos últimos anos. As águas objeto deste monitoramento, encontram-se na zona costeira que segundo a Constituição Federal de 1988 (Art. 225), é patrimônio nacional e seu uso se dará por legislações específicas. Vários são os instrumentos legais que incidem sobre a zona costeira brasileira, tendo implicações na sua gestão ambiental. O crescimento demográfico, aliado ao aumento da demanda de bens de consumo primários e secundários, é intimamente dependente de um processo de industrialização e utilização de recursos naturais de proporções sem precedentes na história humana. Odum (1971) explica que resultado de tal processo tem sido uma desorganização crescente dos ecossistemas naturais. Já So (1978) menciona que as áreas estuarinas e costeiras têm sido transformadas em locais ideais para a instalação de

complexos portuários industriais, assim como de grandes concentrações urbanas atraídas pelo seu desenvolvimento.

Figura 1 - Imagem do manguezal do Pina. Manejo inadequado de resíduos sólidos devido ação antrópica.



Fonte: Geraldo Lélis, 2018.

3.2 METAIS PESADOS

Ecossistemas estuarinos podem construir verdadeiras barreiras biogeoquímicas na interface continente-oceano, retendo contaminantes metálicos em seus sedimentos. No entanto, é importante considerar que os metais têm diferentes comportamentos geoquímicos, que podem favorecer sua retenção ou sua liberação pela fase sólida dos sedimentos para as águas costeiras. (ALONGI *et al.*, 2004.). Os metais podem ser encontrados naturalmente na composição de algumas rochas na superfície terrestre, entretanto, no ambiente aquático, os metais podem ser incorporados por processos naturais como o intemperismo e atividades antropogênicas. Essas espécies, devido não se degradarem quimicamente ou biologicamente, são consideradas uma classe especial de poluente e de acordo com sua concentração, no ambiente aquático e características físico-químicas da água, podem gerar graves alterações no ambiente (ALVES *et al.*, 2010), por exemplo, causar uma série de danos a fauna e flora aquática. Devido a estabilidade das propriedades físico-químicas, os sedimentos são ótimos indicadores ambientais a serem adotados como parâmetro de estudos. Os metais pesados possuem efeito bioacumulativo no organismo (Anexo A) e no meio ambiente. Os efeitos nocivos dos

metais pesados à saúde vão desde problemas gastrointestinais até respiratórios, cardiovasculares e neurológicos. Dentro do campo ambiental os metais pesados contaminam os corpos hídricos e solo causando impactando diretamente na qualidade de vida daquele habitat por consequência afeta o equilíbrio do ecossistema. Esses poluentes associam-se à superfície das partículas sedimentares. São transportados associados ao material particulado em suspensão, dissolvidos na coluna d'água ou por deposição atmosférica (SOLOMONS & FÖRSTNER, 1984). Do campo de vista científico o choque entre as partículas sofre influência direta da salinidade que diminui a espessura da camada elétrica causada pela carga iônica geralmente negativa das partículas, presentes na água contrabalançada pelos íons positivos à sua volta. Essa diminuição da espessura faz com que ao invés de se repelirem, aproximarem-se o suficiente, tornando as forças de *Van Der Waals* mais fortes que a repulsão eletrostática, ocorrendo a floculação (CANCINO & NEVES, 1999). A floculação e deposição do material particulado em suspensão têm um efeito importante sobre a qualidade da água, pois os sedimentos coesivos são responsáveis pela transparência da água (que incide na penetração de luz e, portanto, sobre a biota), pelas correntes em estuários, pela demanda bioquímica de oxigênio, pelo transporte de metais pesados, bactérias e vírus (TRENTO, 2005). Um átomo para ser considerado neutro ele deve ter a mesma quantidade de prótons e elétrons, quando esse átomo perde elétrons em decorrência de reações ele tende a ficar com carga positiva sendo chamado de cátion (íons positivos). Quando ocorre o inverso, o átomo ganha elétrons, o átomo fica mais carregado negativamente sendo chamado de ânion (íons negativos). Os metais pesados possuem uma inclinação para perder elétrons ficando com mais cargas positivas na sua camada de valência (REIS, 2003). A poluição por metais pesados está associada tanto à forma dissolvida como à matéria particulada em suspensão na coluna d'água e ao plâncton que acumula metais preferencialmente nos tecidos viscerais (SANTOS *et al.*, 2006). Todos os elementos metálicos tendem a sofrer bioacumulação (absorção e aumento da concentração) e se tornarem tóxicos para a biota (SÁ, 2003). O principal meio de propagação dos metais na água é através do material particulado em suspensão que se depositará nos sedimentos de fundo.

3.3 ESTUÁRIO: UM ECOSISTEMA COSTEIRO

Os estuários são corpos semifechados que têm uma conexão livre com o mar e nos quais a água do mar se dilui, de forma mensurável, com a água doce de origem continental (PRITCHARD, 1967). Estes corpos d'água, por formarem áreas protegidas ao longo da costa, são propícios ao assentamento humano bem como o estabelecimento de portos comerciais. As características físicas, químicas e hidrodinâmicas destas regiões favorecem condições ótimas para o habitat de grande parte dos

recursos marinhos, o que as tornam de grande relevância biológica. Os estuários atuam como áreas de criação, refúgio temporário ou permanente de várias espécies de peixes, crustáceos e moluscos, que são recursos básicos para a pesca artesanal e industrial. Desta forma, estas regiões constituem-se num importante meio de vida para as populações ribeirinhas que retiram do estuário o seu sustento. Entretanto, atualmente, a maioria dos estuários recebe uma grande quantidade dos rejeitos produzidos nos centros urbanos e industriais sem tratamento adequado, o que vem modificando as condições ambientais destes locais (BARROS *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2009). Com isso é possível afirmar que os estuários possuem uma grande importância ecológica, pois fornece alimento e habitat a uma variedade muito grande de organismos de suma importância para a cadeia alimentar marinha. A água doce dos rios tem o papel de transportar uma valiosa quantidade de nutrientes e de matéria orgânica para os estuários criando condições favoráveis para o desenvolvimento dos produtores primários. O tempo de residência da água no seu interior cria condições para que os ovos de peixes desenvolvam no interior do estuário em uma região mais protegida e mais ricas em alimento. Perturbações nos estuários têm necessariamente consequências negativas para as suas migrações (NÓBREGA, 2011). Os estuários são caracterizados pelos padrões de circulação podendo ser seguindo a tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos Estuários

Tipo de Estuário	Rio	Maré	Fluxo da água
Estuários de cunha salina	Fluxo rápido	Baixo Moderado	A água doce flui por cima da água salgada.
Estuários bem misturados	Fluxo lento	Moderado Alto	Misturas diferentes de água doce e salgada ao longo da maior parte da sua extensão
Estuários parcialmente misturados	Mais profundos	Turbulenta	Misturas diferentes de água doce e salgada
Estuários de floride	Fundo íngreme em formato "U"	Baixo	A água doce flui por cima da água salgada.

Fonte: PRITCHARD, 1967.

3.4 BALNEABILIDADE

De acordo o CPRH (2021) o relatório anual da balneabilidade apresenta os dados da balneabilidade do ano, resultantes do Programa de Balneabilidade das Praias de Pernambuco, desenvolvido pelo Laboratório CPRH, em atendimento à Resolução CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – Nº. 274/00. No relatório é também apresentado um perfil simplificado de cada município que faz parte do Programa de Balneabilidade, as classificações simplificadas (Tabela 2) e completa dos pontos de praia monitorados, a qualidade anual das praias e o perfil de evolução da qualidade dos últimos dez anos.

Tabela 2 - Classificação da qualidade da água das praias segundo o Índice de Balneabilidade

Condições das praias	Qualificação
Praias classificadas como EXCELENTES em 100% do tempo.	Ótima
Praias próprias em 100% do ano, exceto as classificadas como EXCELENTES em 100% do tempo.	Boa
Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em porcentagem de até 25% do tempo.	Regular
Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em porcentagem entre a 25% e 50% do tempo.	
Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em porcentagem de tempo igual ou superior a 50% do tempo.	Má

Fonte: CETESB, 2017

No último relatório publicado em março de 2021 no site do CPRH pelo menos treze praias constaram impróprias para banho e dentre elas foi citada a Praia do Pina (Anexo B).

3.5 NANOTECNOLOGIA

É um termo utilizado para descrever a criação, manipulação e exploração de materiais com escala nanométrica. Um nanômetro (nm) é um metro dividido por um bilhão, ou seja, 1 nm é igual a 10^{-9} m.

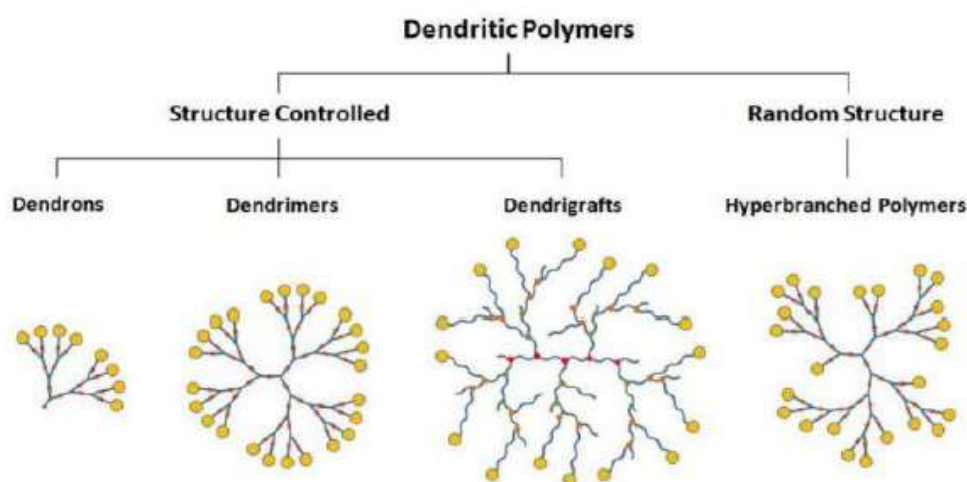
Um fio de cabelo por exemplo tem cerca de 100×10^{-6} m por 0.1mm de diâmetro, ou seja, um fio de cabelo é considerado 100.000 vezes maior que um nanômetro. Tem-se comprovado que a organização de uma substância em escala nanométrica é a chave do futuro também dos sistemas biológicos, porque permitirá controlar agrupamentos de componentes no interior das células. Desta forma, a combinação das ciências dos materiais com a biotecnologia deverá levar grandes inovações ao século XXI (BUSHAN, 2004).

Quina (2004) em seu artigo diz que há três principais áreas nas quais pode-se esperar grandes benefícios da nanotecnologia: prevenção de poluição ou danos indiretos ao meio ambiente, na detecção e/ou monitoramento de poluição e no tratamento ou remediação de poluição. Essa última área por sua vez pode ser facilitada pelo uso de nanopartículas magnéticas. Devido as suas propriedades redox e/ou de semiconductor podem ser aplicadas em tratamento de efluentes industriais e de águas e solos contaminados.

3.5.1 POLÍMEROS DENDRÍTICOS

Os polímeros dendríticos podem ser empregados tanto no processo de remoção de poluentes orgânicos quanto de metais pesados, agindo como adsorventes. Eles possuem um formato de conchas como ilustrado na figura 2, e por esse motivo estes nanomateriais podem realizar a adsorção de poluentes orgânicos por meio da face interior da concha, de natureza hidrofóbica. Enquanto a parte externa de sua forma é composta por um grupo de funcionais com terminação hidroxil ou amina, refletindo na adsorção de metais pesados (DIALLO *et al.*, 2005; BETHI *et al.*, 2016).

Figura 2 – Exemplo de classificação de polímeros dendríticos



Fonte: Hourani, 2009.

Nos estudos RETHER E SCHUSTER (2003) verificaram a influência da amônia como ligante em solução aquosa de dendrímero para remoção de cloreto de zinco, cloreto de níquel e óxido de cobre, obtendo resultados satisfatórios.

3.5.2 NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS

As partículas nanométricas de magnetita (Figura 3) possuem as mesmas características que a magnetita de granulometria maior, ou seja, tem forte magnetismo e possuem sítios polares em sua superfície para atrair os íons livres na solução aquosa, no caso específico, os íons dos metais pesados. Não obstante, essas partículas nanométricas são diferenciadas das de granulometria maior pelo fato de possuírem maior área superficial em relação ao peso, tendo assim maior superfície para possibilitar interações eletroquímicas (YAMURA *et al.*, 2001; ORTIZ *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2014).

Figura 3 - Partículas em suspensão em uma solução de cobre (esquerda) e partícula atraída pela força magnética (direita)

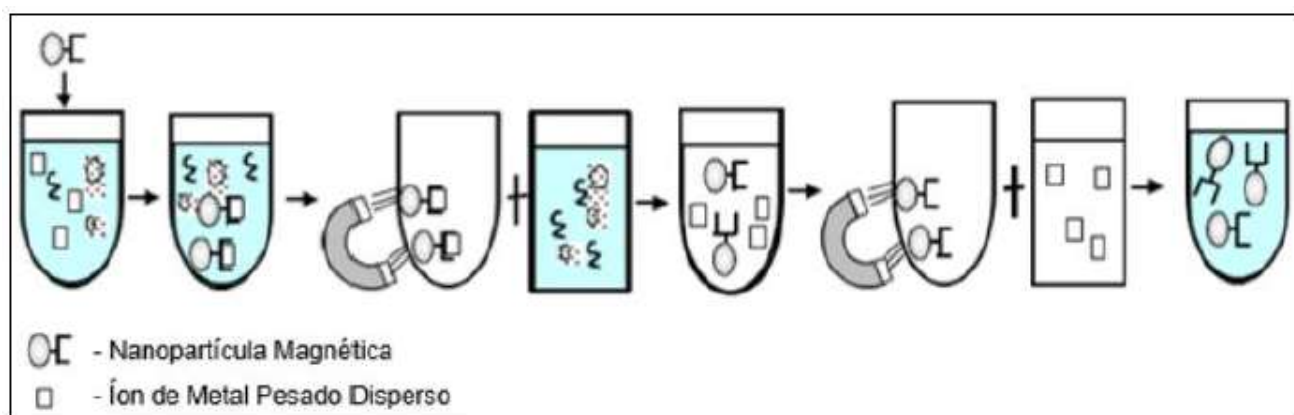


Fonte: Araújo, 2016.

Ortiz (2000) comprova a eficácia deste material na adsorção de cobre, chumbo e cádmio. Silva *et al.*, (2014) e Ferreira *et al.*, (2014) relatam que a magnetita nanoestruturada é eficaz no tratamento de soluções contaminadas com arsênio. E Yamura *et al.*, (2000) demonstra que, a adsorção de cromo hexavalente em solução por nanopartículas magnéticas é eficiente. As etapas estão esquematizadas na figura 4, onde primeiramente ocorre a adsorção química entre as nanopartículas e os íons de metais pesados no meio aquoso. Em seguida ocorre a separação das nanopartículas da solução por meio da aplicação de um campo magnético. Na sequência ocorre a imersão das nanopartículas adsorvidas aos

metais pesados em uma solução específica para que ocorra a dissorção da magnetita nanoestruturada e dos íons metálico e por fim ocorre novamente aplicação de um campo magnético para retirar as nanopartículas, possibilitando assim sua reutilização.

Figura 4 - Esquema das etapas de utilização da magnetita nanoestruturada na adsorção de metais pesados.

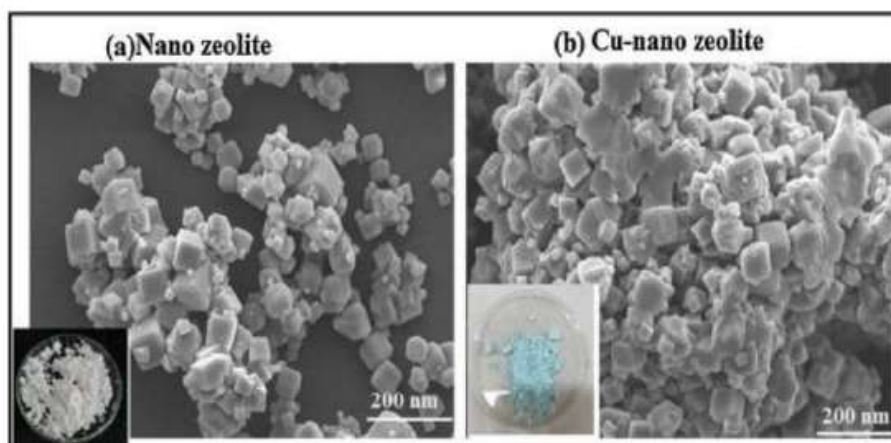


Fonte: YAMUARA et. al., 2001

3.5.3 NANOZEÓLITOS

Sharma *et al.* (2009), utilizaram nanozeólitos para remoção de metais pesados provenientes de águas residuais de industriais de galvanoplastia e minas de ácido, foram obtidas taxas eficientes de remoção para os metais óxido de cromo, cloreto de níquel e óxido de cobre. Os zeólitos possuem estrutura porosa e a adição de cobre a nanopartícula (figura 5) tornando mais eficaz a troca iônica.

Figura 5 - Imagem microscópica (a) partículas nanozeólitas e (b) partículas nanozeolíticas com adição de cobre

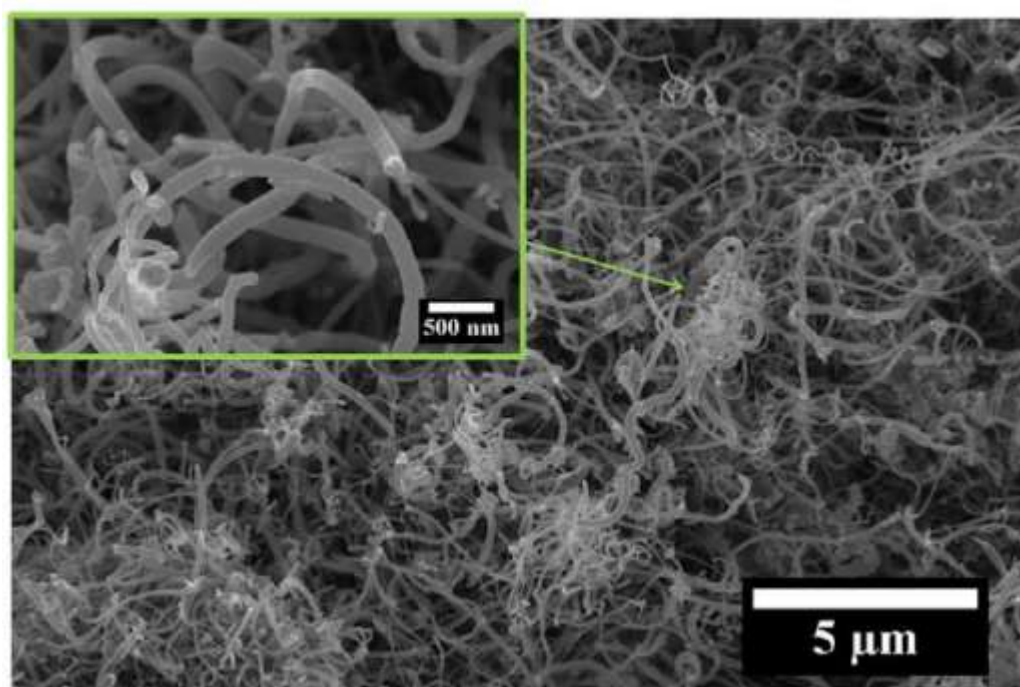


Fonte: HUONG, 2016.

3.5.4 NANOTUBOS DE CARBONO

Os nanotubos de carbono apresentam propriedades extremamente úteis, como por exemplo, ótima condutividade térmica e elétrica, reatividade estável e limitada, além de serem fortes antioxidantes (SCHIERZ; ZÄNKER, 2009). Alguns autores realizam modificações da superfície usando ácido, mantendo a estabilidade coloidal dos nanotubos de carbono, com estas características, esta nanotecnologia foi responsável pela remoção, de maneira eficiente, de cromo hexavalente (GENG *et al.*, 2009). Com base na Figura 6 é possível observar a estrutura de um nanotubo de carbono.

Figura 6 - Nanotubos de carbono



Fonte: Aliyu (2019)

Um dos tipos de nanopartículas que tem sido aplicado com relativo sucesso na retenção de metais pesados em meios aquosos e solos são os nanotubos de carbono (CNTs) (Yang *et al.*, 2009). Ihsanullah *et al.*, (2016) apresentam uma revisão da literatura sobre a remoção de metais pesados em solução e descreve o mecanismo de adsorção de cátions metálicos na superfície dos CNTs. Tal como no solo sem adsorvente, a ligação liberta H^+ que vai alterando o pH do meio para valores menores e que reduzem as interações por neutralização da carga da superfície, havendo redução da capacidade de adsorção pela repulsão dos cátions metálicos. O melhor desempenho dos CNTs ocorreu para pH superiores ou iguais a 5 para os metais Cu, Pb, Cd, Hg, Co, Zn e Ni, com a exceção do cromo, registado a pH 3.

3.6 LEGISLAÇÃO DE PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA E EFLUENTES

A Resolução CONAMA Nº 357/2005 menciona que há 3 tipos de classes de água com base na salinidade de acordo com a tabela 3.

Tabela 3 - Classificação das águas de acordo com a salinidade

I	Águas doces	Águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%
II	Água salobras	Águas com salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%
III	Água salinas	Águas com salinidade igual ou superior a 30%

Fonte: Resolução CONAMA 397, 2005.

Dentro da concepção de definição de estuário e pelas especificidades que caracterizam o corpo hídrico e funcionalidade é possível afirmar que o estuário da Bacia do Pina possui água tipo salobra em decorrência do encontro de água salgada com água doce e enquadra-se dentro da Classe II (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação de acordo com o enquadramento das águas

Classe	Uso
Especial	Águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de Especial conservação de proteção integral; e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe I	Águas destinadas à recreação de contato primário; à proteção das comunidades aquáticas; à aquicultura e à atividade de pesca; ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e sejam ingeridas cruas sem

	remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
Classe II	Águas destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário.
Classe III	Águas destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA 397, 2005.

Para melhor compreensão das normas de proteção ao meio ambiente se faz necessário o aparato técnico e legal, portanto vale mencionar as legislações ambientais de âmbito Federal e Estadual que possuem correlação com o estudo e que foram utilizadas na correlação com os resultados encontrados dos laudos de análise emitidos pelo próprio órgão ambiental estadual (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5 – Leis Ambientais Federais

Resolução CONAMA N° 430/2011	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA
Resolução CONAMA N° 357/2005	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.
Resolução CONAMA N° 274/2000	Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.
Portaria do MS N° 2914/2011	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da

	água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Tabela 6 - Leis Ambientais Estaduais

Norma CPRH Nº 2001	Controle de carga orgânica de efluentes líquidos industriais.
Norma CPRH Nº 2002	Controle de carga orgânica de efluentes líquidos não-industriais.
Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007 República Federativa do Brasil	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
Lei nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986	Define como áreas de proteção ambiental as reservas biológicas constituídas pelas áreas estuarinas do Estado de Pernambuco.

3.7 PARÂMETROS DE ANÁLISE DE ÁGUA

3.7.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) E OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

A DBO é denominada como a quantidade de oxigênio que é consumida por microrganismos que estão presentes em uma determinada amostra de efluente. É o parâmetro mais utilizado para medir o nível de poluição das águas uma vez que esses microrganismos (bactérias aeróbias, por exemplo) realizam a decomposição da matéria orgânica no meio aquoso por meio de processos oxidação produzindo novos compostos. A redução da taxa de oxigênio dissolvido no meio aquático indica, portanto, uma atividade bacteriana decompondo matéria orgânica. Quanto mais alto o valor de DBO maior a poluição da água, uma vez que esta quantidade de oxigênio é utilizada na decomposição de compostos orgânicos. Quando há grande demanda de oxigênio ou a queda na concentração de oxigênio nos corpos d'água portanto, é possível observar a mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos que consequentemente acarreta o desequilíbrio nesses ambientes. (FUSATI, 2020). Ao contrário, quanto mais baixa a DBO, mais limpa é a água e não haverá sinal de degradação dos ambientes aquáticos. O OD é um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos. A concentração de oxigênio presente na água pode sofrer variação de acordo com a altitude e também com a temperatura. Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio. Já em maiores altitudes, onde é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade. (CETESB, 2021). Segundo o CONAMA Nº 357/05 os Valores Máximos Permitidos (VMP) para OD e DBO respectivamente são 4 mg/L O₂ e 5 mg/L O₂.

3.7.2 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO - IET

O parâmetro utilizado é o fósforo, no qual é um indicativo de presença de nutrientes que em excesso pode acarretar em um processo chamado eutrofização. A eutrofização pode ser observada em diferentes tipos de corpos hídricos que é caracterizado pelo aumento de nutrientes principalmente fósforo e nitrogênio o que provoca o aparecimento de algas e cianobactérias. Quando um ambiente está eutrofizado a coloração fica turva o que impede a oxigenação da água sendo responsável pela mortandade de peixes. De acordo com o anexo C quanto maior for o resultado do índice maior vai ser o nível trófico levando em consideração a avaliação do menos poluído para o mais poluído na respectiva ordem tem-se: Ultraoligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico (CPRH, 2021).

3.7.3 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Os coliformes termotolerantes são considerados bioindicadores na qualidade da água. Ou seja, os coliformes termotolerantes são indicadores de contaminação fecal. O que diferencia dos coliformes totais que são utilizados para avaliar as condições higiênicas de limpeza e sanitização. (SIQUEIRA 1995). O NMP para a classificação do corpo hídrico em estudo é de 2500/100ml conforme o CONAMA nº 357/05. Os coliformes termotolerantes são bactérias que tem a capacidade de utilizar lactose como nutriente e como resultante produzem gases. Fazem parte desse grupo as bactérias: *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*. A *Escherichia coli* por exemplo ela habita o trato intestinal do homem e animais, enquanto os demais podem estar presentes na água e no solo. A ingestão de água e alimentos contaminados por essas bactérias, por exemplo, podem causar infecções graves. (FRANCO, 2001).

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Pina (figura 7) é delimitada a partir do Porto de Recife (8°04'03"S e 34°52'16"W) em plena zona urbana da cidade do Recife. Esta Bacia é separada do Oceano Atlântico por meio de um dique natural, o qual impede o contato direto de suas águas com ele. Do ponto de vista hidrográfico, é um ambiente bastante dinâmico, sendo formada pela confluência dos rios Tejipió, Jordão, Jiquiá, Pina e pelo braço sul do Capibaribe. Possui uma extensão de aproximadamente 3,6 km e larguras variáveis, sendo a mínima de 0,26 km, e a máxima de 0,86 km, totalizando uma área de aproximadamente 2,02 km². Nesta bacia estuarina, as marés são do tipo semi-diurno e sua altura máxima, tendo o Porto do Recife como referência, nas marés de sizígias, pode atingir 2,70 m na preamar e mínima de -0,20 m na baixa-mar, expondo, portanto, uma amplitude máxima da ordem de 2,90 m. A área exibe um enorme potencial biológico possuindo um papel de muita importância socioeconômica, principalmente para a população ribeirinha de baixa renda, pois coletam moluscos, peixes e crustáceos para o seu próprio sustento, o que representa uma excelente fonte de proteínas de alto teor nutritivo (NÓBREGA, 2011).

Figura 7 - Localização Estuário da Bacia do Pina na Região Metropolitana do Recife – RMR



Fonte: eSIG Prefeitura do Recife, 2021.

A baía do Pina é parte de um sistema estuarino formada pela confluência dos rios Capibaribe, Tejupió, Jordão e Pina como mostra a figura 8. Localiza-se no município de Recife em Pernambuco. O estuário possui extrema relevância socioeconomicamente e ambientalmente falando. Ele abriga o completo portuário do Recife e é responsável pelo sustento de muitas famílias circunvizinhas através das atividades desenvolvidas de aquicultura e pesca (Figuras 9 e 10). A salinidade da Baía do Pina nas porções mais externas é caracterizada como um estuário de cunha salina, enquanto nas porções intermediárias homogêneo e parcialmente misturado e na porção superior bem misturado. (NASCIMENTO *et al.*, 2000)

Figura 8 - Mapa representa a área de confluência dos rios na APA Estuarina da Bacia do Pina – RMR



Fonte: Google Earth, 2021

Figura 9 - Atividade de aquicultura – Bacia do Pina



Fonte: Prefeitura do Recife, 2008

Figura 10 - Atividade de pesca – Bacia do Pina



Fonte: Prefeitura do Recife, 2008

4.2 COLETA DE INFORMAÇÕES

O período da pesquisa foi de março a junho de 2021. Foram estudados os dados analíticos sobre a qualidade das águas destinadas a recreação e águas superficiais através de relatórios de monitoramento ambiental publicados pelo CPRH. Dentre todas as bacias analisadas no relatório, a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, possui o ponto de amostragem (estação CB-95) com maior proximidade com a área em estudo uma vez que o braço sul do Rio Capibaribe faz confluência no Estuário da Bacia do Pina com os demais rios. Para melhor compreensão da área a ser estudada foi utilizado sistema de georreferenciamento disponível de forma gratuita no sítio eletrônico da Prefeitura do Recife e no *Google*. O levantamento bibliográfico foi realizado através de estudos publicados em forma de monografias e artigos científicos na base de dados da SCIELO, REGET, DEGRUYTER e periódico como a *Tropical Oceanography*. Além disso também foram utilizadas referências bibliográficas em websites e embasamento nas legislações ambientais federais e estaduais vigentes.

4.3 ANÁLISE DE INFORMAÇÕES

Os dados quantitativos foram avaliados e a análise ocorreu comparativamente com as legislações ambientais em vigência. Paralelamente as revisões bibliográficas trouxe os dados qualitativos e quantitativos dos contaminantes tóxicos presentes no corpo hídrico da Bacia do Pina e áreas adjacentes. Sendo levados em consideração os pontos de amostragem fora de especificação e a relação com a área de estudo.

Os dados georreferenciados utilizados para análise gráfica foram extraídos do eSIG e *Google Earth*. Foi realizado a análise de outros tipos de mapas para melhor entendimento da área a ser analisada o que inclui os mapas tipo: cartográfico, topográfico e hidrográfico. Foi desempenhada uma análise técnica com base nos dados secundários dentre os diversos tipos de nanomateriais em estudo tendo em vista a relação custo-benefício e eficácia de adsorção de poluentes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTUDO DO RELATÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE

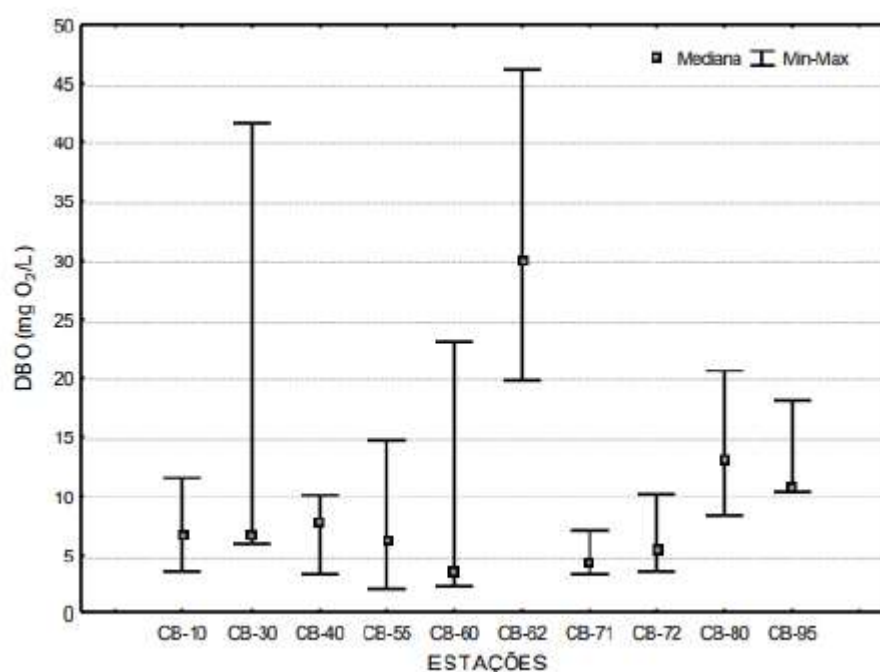
Devido ao descarte inadequado de efluente fora dos padrões de lançamento e manejo inadequado de resíduos, tanto no Rio Capibaribe como nos seus afluentes, reforça a necessidade de esgotamento sanitário nas cidades por onde passa (BIONE *et al.*, 2009). Segundo o CPRH (2002) 95,7% da carga remanescente é de origem de efluente doméstico. Na tabela 7 é possível observar que houve uma redução significativa referentes aos valores de DBO 5 dias a 20º das análises realizadas pelo CPRH nos anos de 2002 e 2018. Após 16 anos os valores ainda continuam superiores a 5mg/L O2 (Figura 11) em desacordo padrão de lançamento CONAMA 357/05.

Tabela 7 – Comparativo dos resultados de DBO extraídos - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe nos anos de 2002 e 2018.

Ano	Carga poluidora (tDBOx20/dia)
2002	31
2018	18

Fonte: Adaptado CPRH, 2018.

Figura 11 - Gráfico dos resultados obtidos da análise de DBO - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe 2018.



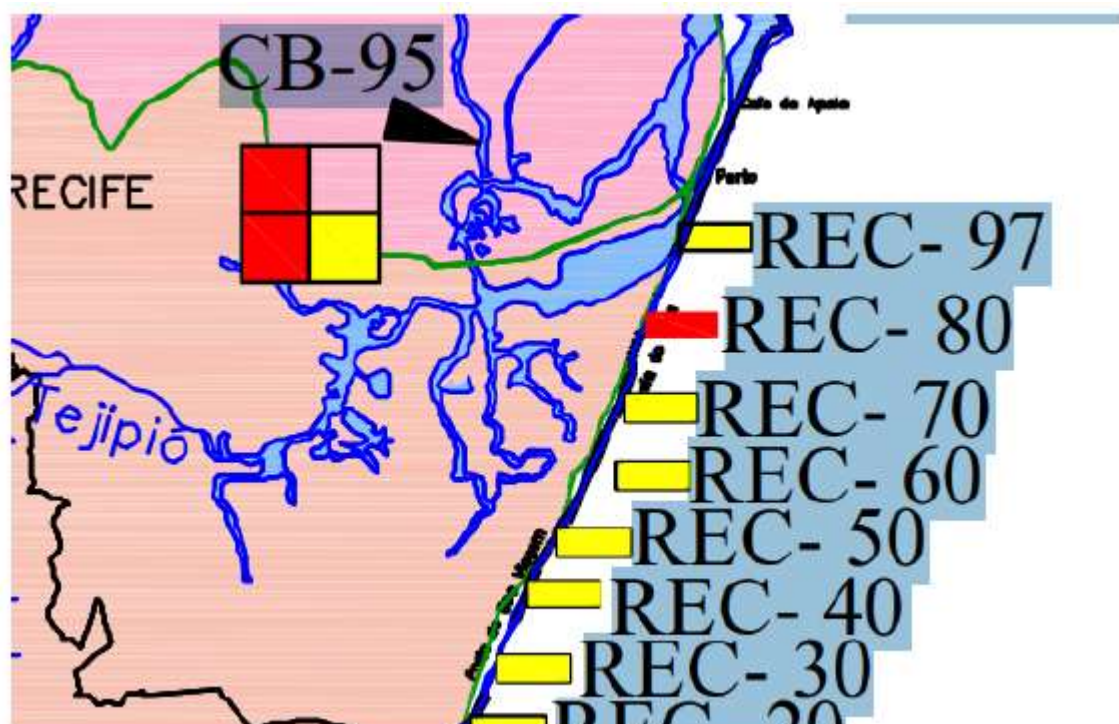
Fonte: CPRH, 2018

O CPRH realiza o monitoramento da qualidade das águas do estado. Tal diagnóstico considera os dados de qualidade de água dos cursos d'água, das captações de água para abastecimento público assim também como da balneabilidade das praias. Para fins de estudo dessa monografia foram analisados os dados do último mapa de qualidade realizado no ano de 2018. Foram utilizados as condições e padrões de lançamentos para o tipo de classificação que conforme o CONAMA 357/05 (Anexo D).

De acordo com o CPRH (2021), a elaboração desse estudo tem como base a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, no que se refere ao princípio que visa ao acompanhamento do estado de qualidade ambiental, em especial ao instrumento da política que garante a prestação de informações relativas ao meio ambiente.

Para uma melhor compreensão dos resultados é adotado pelo CPRH uma escala de cores que variam desde o vermelho ao azul (Figura 12) como forma de retratar a qualidade da água nos ambientes monitorados. Além da gestão visual o mapa também expressa os resultados no formato de índices e indicadores de qualidade através de uma nota.

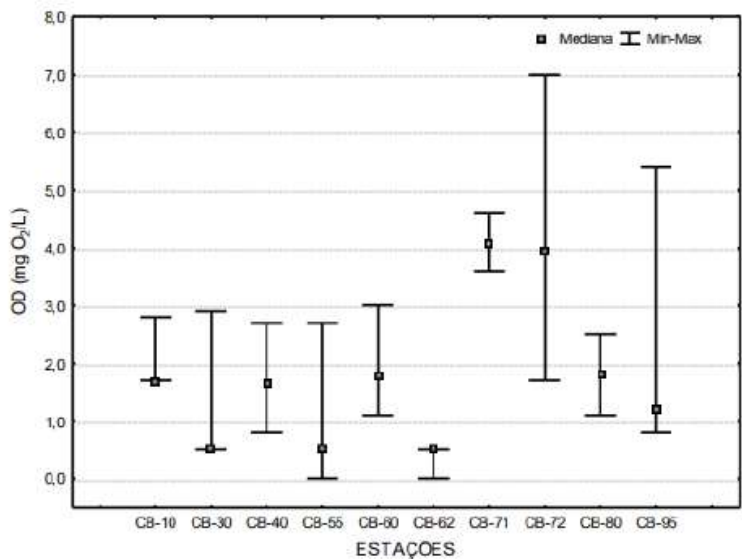
Figura 12 - Mapa da Qualidade das Águas Superficiais de Pernambuco 2018 – Bacias Litorâneas



Fonte: CPRH, 2018

A localização do ponto de monitoramento do curso d'água do Rio Capibaribe na cidade do Recife é representada pelo código CB-95 conforme indicado no mapa (figura 12) enquanto código REC-80 representa a praia do Pina, por se tratar de uma estação localizada em estuário e no mar foi adotado o indicador estuário e mar em substituição ao risco de salinização do solo, os resultados obtidos com o mapeamento indica uma alta ação antrópica. O resultado do parâmetro de OD indicado pela cor vermelha, conforme legenda (Anexo E), representa que está fora de classe com valores inferiores a 4 mg/L O₂ conforme o CONAMA 357/05 (Figura 13).

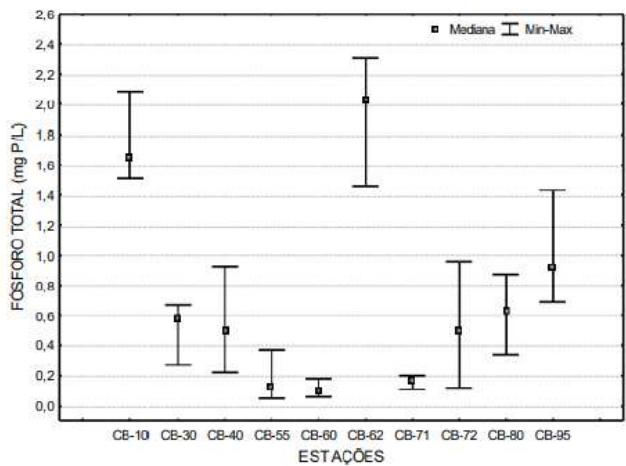
Figura 13 - Gráfico dos resultados obtidos da análise de Oxigênio Dissolvido - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe 2018.



Fonte: CPRH, 2018

O Índice do Estado Trófico - IET no mapa (figura 12) se mostra ausente de resultado, mas em contrapartida analisando o laudo Relatório de Bacia Hidrográfica de 2018 também emitida pelo CPRH observa-se no IET uma variação de mesotrófico a hipereutrófico com predomínio das condições hipereutrófico e supereutrófico. Para esse o cálculo desse índice é analisado o parâmetro fósforo conforme indicado na figura 14. A CETESB (2017) cita em seu relatório que o IET avalia a qualidade da água quanto ao excesso de nutrientes que pode estar relacionada ao desenvolvimento de algas.

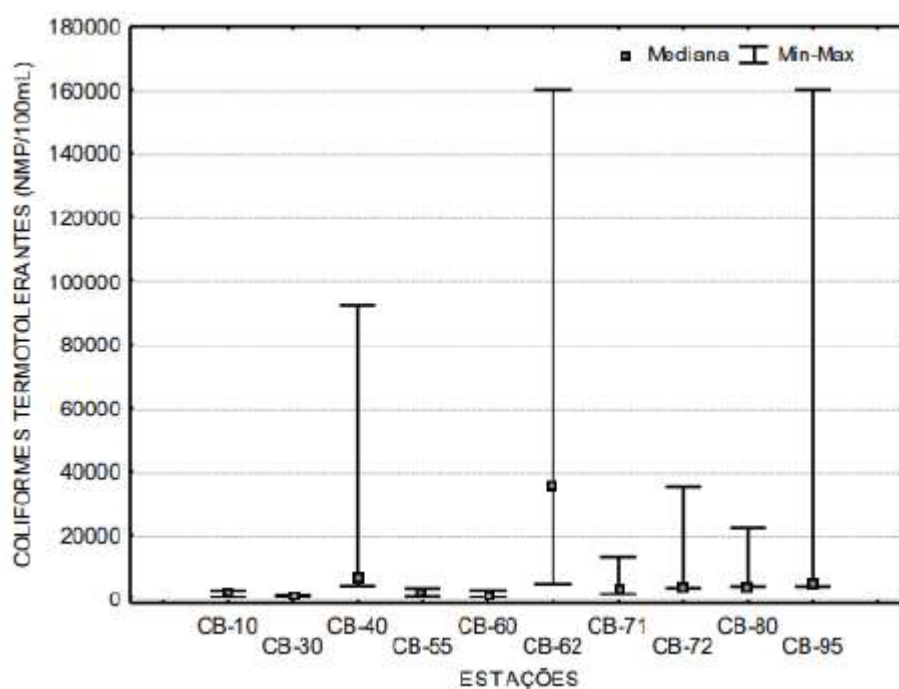
Figura 14 - Gráfico dos resultados obtidos da análise de fósforo - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe 2018



Fonte: CPRH, 2018

O parâmetro de coliformes termotolerantes também se mostra fora de classe de acordo com o CONAMA 357/05 superando o Número Máximo Permitido - NMP que é de 2500/100ml (Figura 15). Desde 1988 a forte influência de esgotos domésticos na Bacia do Pina vem sendo demonstrada através do alto nível de coliformes fecais na água (FEITOSA, 1988), em bivalves (BARROS *et al.*, 2009) e em tecidos do corpo da craca *Amphibalanus amphitrite* (FARRAPEIRA *et al.*, 2010).

Figura 15 - Gráfico dos resultados obtidos da análise de coliformes termotolerantes - Relatório da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe 2018.



Fonte: CPRH, 2018

O Parque dos Manguezais, localizado na parte Sudoeste da Bacia do Pina (Figura 16), também apresenta evidências da contaminação antrópica. Sedimentos e moluscos desta área estão contaminados por metais e, se estes animais forem consumidos, podem causar danos à saúde humana (SILVA; MACEDO; BRAYNER, 2010).

Figura 16 - Mapa hidrográfico da região costeira do município do Recife. Com vista do Parque dos Manguezais ao Sudoeste do Sistema Estuarino do Pina.



Fonte: *Google Earth*, 2021

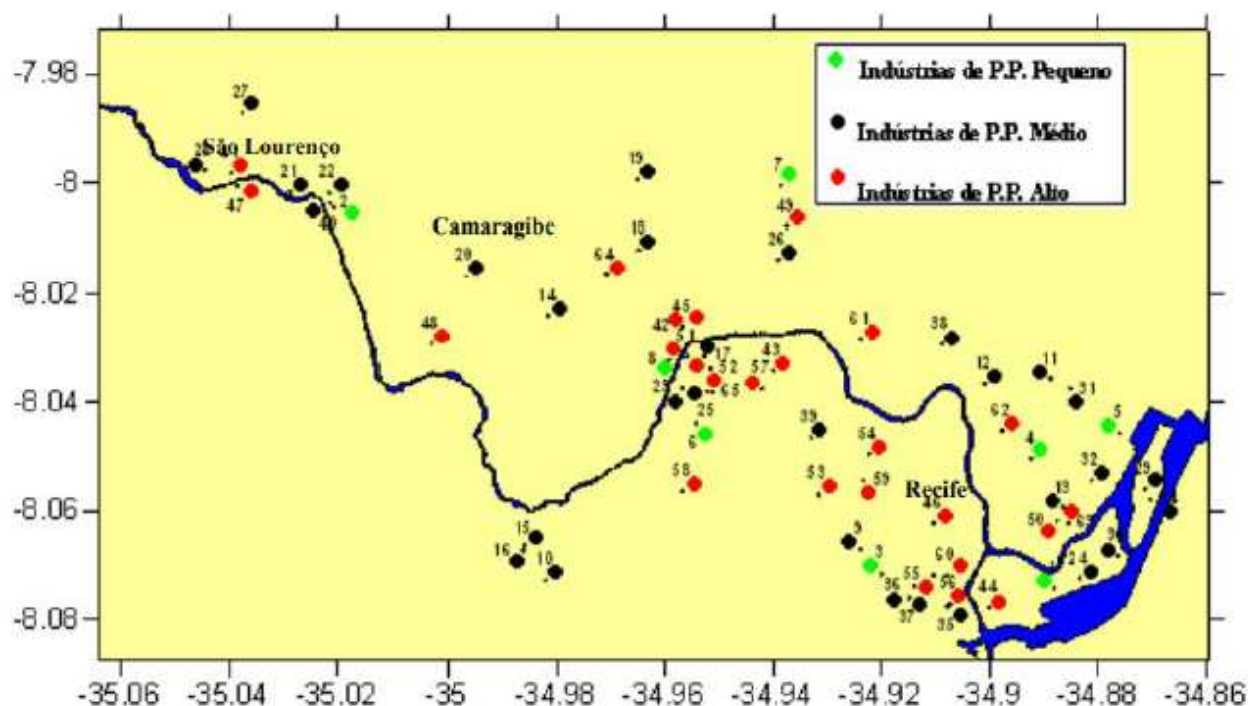
Alguns estudos na área verificaram que os sedimentos superficiais e materiais sedimentados no Parque dos manguezais apresentaram em sua maioria concentrações de cromo, manganês e zinco acima dos valores obtidos de “background” (Conselho Canadense do Ministério de Meio Ambiente), indicando contaminação na área de estudo. Nesta mesma ocasião, observou-se também que as 21 concentrações de ferro e manganês registradas nos moluscos estavam acima dos valores máximos de consumo recomendados pela literatura internacional (Environmental Protection Agency (EPA) para Manganês e *World Health Organization* (WHO) para Ferro), podendo em longo prazo causar danos à saúde humana, com o consumo destes animais (SILVA; MACEDO; BRAYNER, 2010). A análise de balneabilidade por sua vez indica a qualidade da água para recreação de contato primário. A localização do ponto de monitoramento de balneabilidade da Praia do Pina na cidade do Recife é representada pelo código REC-80 conforme apontado na (figura 12). A qualificação desse ponto de monitoramento é definido como péssimo sendo uma praia classificada como imprópria em mais de

50% do tempo. Os demais pontos monitorados no litoral de Recife foram possuem qualificação ruim sendo consideradas impróprias entre 25% e 50% do tempo. Do total das praias de Pernambuco 13 delas foram consideradas impróprias para banho conforme informativo da balneabilidade das praias de Pernambuco realizado durante o período de 30/04/2021 à 06/05/2021 pelo CPRH.

5.2 FONTES DE CARGA POLUIDORA

A Bacia hidrográfica do Capibaribe possui o uso do solo destinado a ocupação urbana e industrial, áreas cultivadas com cana-de-açúcar, policultura e áreas que abrigam Mata Atlântica e Manguezal. Observa-se no Relatório de Bacia Hidrográfica de 2018 do CPRH as seguintes atividades industriais nas proximidades da bacia do Capibaribe: produtos alimentícios, minerais não-metálicos, têxteis, metalúrgica, química, produtos farmacêuticos/veterinários, sucroalcooleira, couros, matéria plástica, perfumes/sabões/velas, bebidas, mecânica, material elétrico/comunicação, material de transporte e madeira. Na figura 17 é possível observar as indústrias localizadas ao longo do Rio Capibaribe, no trecho que compreende São Lourenço da Mata até Recife. As diferentes cores referem-se ao agrupamento das indústrias segundo o seu potencial de poluição (PP). Sendo PP pequeno (verde); PP Médio (preto) e PP Alto (vermelho).

Figura 17 - Mapeamento das indústrias instaladas no trecho do Rio Capibaribe

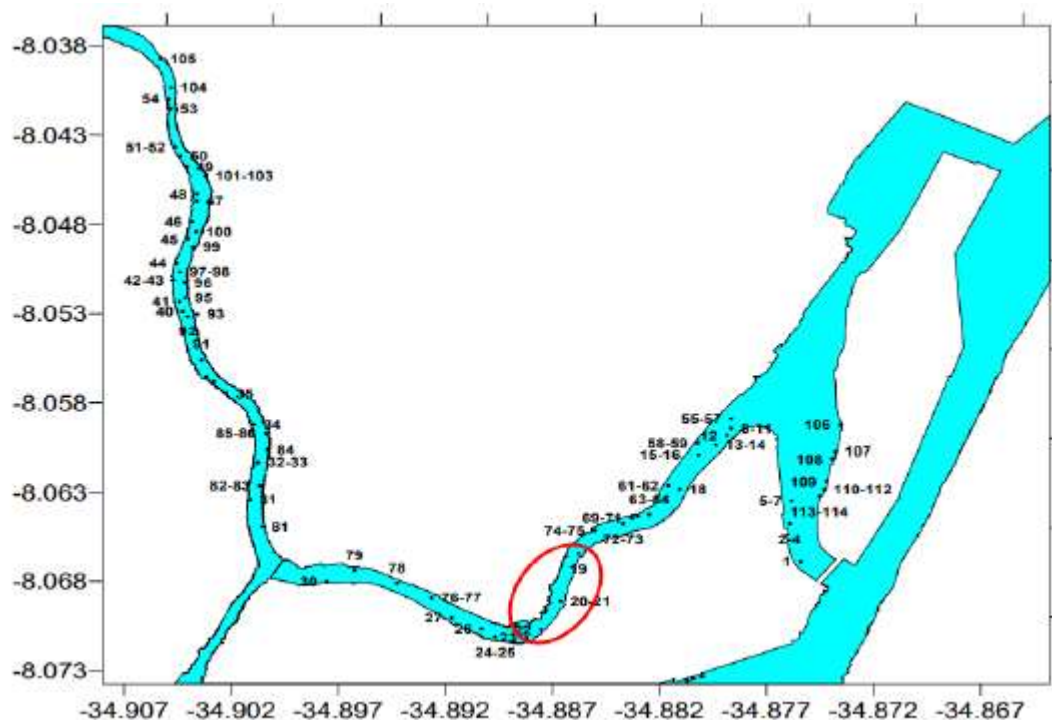


Fonte: Nóbrega, 2011

A extensão que abrange a Bacia do Pina possui instalações de médio e alto potencial poluidor, dentre eles a indústria ASA, Cabanga late Club, Shopping Rio Mar e o Porto do Recife. Os rios que a formam, por atravessarem áreas densamente povoadas, também conhecida como comunidade ribeirinha, recebem grande aporte de poluição proveniente de efluentes industriais e domésticos e conferem à região, uma condição degradada (VITÓRIO *et al.*, 2010).

Na Figura 18 pode-se observar que as saídas de esgoto estão distribuídas ao longo do Rio Capibaribe no trecho que compreende sua foz, na confluência da Bacia do Pina e Bacia Portuária até o Parque da Jaqueira, onde foram observados 114 pontos de descarga de esgotos o que indica um forte impacto das águas residuárias industriais e domésticas sobre esse estuário. Destaca-se em vermelho o ponto de desembocadura na confluência na Bacia do Pina. (NÓBREGA, 2011)

Figura 18 – Mapeamento saídas de esgotos na área estuarina do Rio Capibaribe.



Fonte: Nóbrega, 2011

5.3 ESTUDO DOS NANOMATERIAIS

Foram compiladas as informações levantadas dos dados secundários e extraídas para a tabela 8 onde mostra o comparativo entre os diferentes materiais nanométricos estudados com resultados e principais conclusões.

Tabela 8 - Comparativo métodos de remoção por nanopartículas

Adsorvente	Resultados	Resultados e Principais conclusões
Polímero dendrítico	Remoção de compostos orgânicos e inorgânicos: cloreto de zinco, cloreto de níquel e óxido de cobre	Resultados satisfatórios com elevada eficiência para remoção de íons metálicos tóxicos, núcleo rádio e solutos orgânicos da água
Nanopartículas magnéticas (Magnetita)	Remoção de cobre, chumbo, cádmio, cromo e arsênio	Promissor agente no tratamento de efluentes contaminados. Alta estabilidade, baixo custo, diversas formas de utilização.
Nanozeólitos	Remoção de metais óxido de cromo, cloreto de níquel e óxido de cobre.	Obtidas taxas eficientes de remoção.
Nanotubos de carbono – CNTs	Remoção de Cobre, Chumbo, Cádmio, Mercúrio, Cobalto, Zinco e Níquel a pH 5,0 e Cromo a pH 3,0	Possui elevado potencial no tratamento de sistemas aquosos por adsorção dos contaminantes.

Fonte: Adaptado de Bushan, 2004; Diallo *et al.*, Rether e Schuster, 2003; Yamura *et al.*, 2000; Yang *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2014 e Ferreira *et al.*, 2014.

Observou-se 114 pontos de descarga de esgotos ao longo do ao longo do trecho do Rio Capibaribe no trecho que compreende sua foz, na confluência da Bacia do Pina e Bacia Portuária até o Parque da Jaqueira. Diante desse cenário faz-se necessário soluções que viabilizem a recuperação do estuário da Bacia do Pina visto seu valor econômico e sócio-ambiental. E como solução alternativa estudou-se a aplicação dos nanomateriais na remediação de áreas degradadas.

É notório o desenvolvimento de diferentes nanomateriais que estão sendo utilizados na adsorção de metais pesados em áreas contaminadas. A utilização da magnetita no tratamento de corpos hídricos é de fato inovador. Suas características como baixo custo, aplicabilidade e possibilidade de reutilização faz das nanopartículas magnéticas uma solução bastante promissora. Embora seja comprovada a nível laboratorial esta nova técnica ainda necessita de maiores pesquisas para poder ser empregada na descontaminação de rios, lagos, lagoas e qualquer outro manancial poluído. Os polímeros dendríticos em estudos mostra que os resultados são satisfatórios com elevada eficiência não apenas para remoção de íons metálicos como também na remoção de substâncias orgânicas. Os nanozeólitos também se mostraram eficientes na remoção de metais pesados provenientes das industriais de galvanoplastia e minas de ácido. As nanopartículas de carbono se mostraram como um potencial bastante elevado na adsorção de contaminantes. Tem a capacidade de adsorver um número mais variado de metais pesados quando comparado com as demais nanopartículas. O único fator em desvantagem da utilização desse método seria que não se aplica a todos os metais pesados e alguns deles necessitam um pH controlado para que a reação ocorra. Visto que o pH de um ambiente estuarino tipo classe II é entre 6,5 – 8,5 conforme CONAMA 357/05 e o último laudo analisado em 2018 o pH se aproxima de 7,0 esse método de fato não seria o mais indicado. Em uma situação real seria necessário a correção do pH o que traria custos com produtos químicos, manuseio, transporte além de impactar o ecossistema local.

A biotecnologia abrange o conhecimento que vai permitir o uso de agentes biológicos como microorganismos ou plantas por exemplo para obtenção de bens e serviços. A escolha da nanotecnologia ao invés da biotecnologia se refere que a nanotecnologia possui uma maior diversidade de técnicas que permitem trabalhar a matéria em nível atômico e molecular possuindo propriedades físico-químicas que divergem da mesma matéria em seu tamanho maior. O que permite que novas possibilidades de aplicação possam ser exploradas principalmente no campo ambiental. Pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), desenvolveram nanopartículas que quando jogadas na água são capazes de remover contaminantes contribuindo na despoluição de rios. Em 2017 a USP em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) produziram nano partículas magnéticas com alto poder de adsorção com o intuito de ser utilizada para ajudar na despoluição do rio doce e seus afluentes contaminados pela lama no rompimento da Barragem em Mariana (MG) que ocorreu em 2015. Segundo o coordenador do projeto, Koiti Araki (2017), do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Nanociências e Nanotecnologia da USP há, no Brasil, vários locais onde a tecnologia poderia ser aproveitada. Informa que a presença de mercúrio em nos rios

brasileiros é muito alta. Os efeitos dos metais pesados no organismo, a longo prazo, são sérios. Ele ainda complementa que esse é um material capaz de capturar diferentes tipos de substâncias das águas, como pesticidas, hormônios, metais pesados, cádmio, cromo e mercúrio. Com a técnica de adsorção, é possível remover praticamente todos os poluentes da água de uma maneira bastante eficiente além da possibilidade de recuperação de materiais, como ouro ou prata que estão espalhados em quantidades microscópicas pela água. Araki (2017) afirma que investir em nanotecnologia melhora a competitividade do Brasil a nível global.

No papel de engenharia ambiental e sanitária uma preocupação é saber os efeitos secundários que as nanopartículas podem trazer à saúde e o meio ambiente quando aplicadas diretamente no ambiente (*in situ*). O risco de as nanopartículas serem absorvidas pela fauna e flora local e até mesmo carregados ao longo do curso do rio deve ser considerado. Uma alternativa para a aplicação em *in situ* é delimitar uma área com a finalidade de aplicar as nanopartículas e estudar o seu comportamento não se limitando apenas as pesquisas laboratoriais. A pesquisa iria abranger a eficácia do tratamento na remoção de metais pesados além de compreender alcançar o entendimento dos impactos à biota também. Vale ressaltar a necessidade da remoção dos resíduos gerados de acordo com a classificação correta em atendimento aos requisitos legais de manejo de resíduos sólidos.

Recomenda-se estudar os tipos de contaminantes presentes no corpo hídrico para escolha do adsorvente mais adequado. Sabendo que cada um possui um poder de adsorção característico pode-se ser aplicado uma combinação de nanomateriais também conhecido como *blend*. Além do *blend* também é possível a adição de compostos que visam potencializar a adsorção contribuindo para as trocas iônicas como foi exemplificado através da adição de cobre nas partículas nanozeolíticas. Quimicamente falando os nanomateriais devido a sua reatividade química tendem a se comportar como novos elementos químicos. Portanto, faz-se necessário o prosseguimento dos estudos para melhor compreensão do comportamento das nanopartículas visto que a nível laboratorial se mostram bastante eficazes na adsorção de contaminantes e levando em consideração que as variantes de um ecossistema possuem maior complexidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar parâmetros ambientais fora de especificação. Dados do monitoramento de qualidade de águas do Estado realizado em 2018 indicou que o ponto de amostragem da bacia do Capibaribe apresentou análise de DBO fora dos limites de especificação conforme legislação vigente,

sendo evidenciado também limites fora de especificação em anos anteriores como resultado de 2002 presente no relatório de bacia hidrográfica do Capibaribe realizado em 2018. Diante do exposto, foi possível correlacionar outros tipos de contaminantes presentes no corpo hídrico apresentando inconformidades em relação aos padrões de acordo com tipo de classificação do corpo hídrico da resolução CONAMA Nº 357/05 destacando-se em ordem decrescente: OD, Fósforo Total Coliformes Termotolerantes e DBO. Levando-se em consideração a análise dos dados secundários, no que tange metais pesados não foi possível obter dados analíticos quantitativos nos relatórios emitidos pelo órgão ambiental estadual (CPRH). O corpo hídrico da Bacia do Rio Capibaribe possui muita influência sobre APA Estuarina da Bacia do Pina sendo escolhido pela proximidade da área de estudo e pela ausência de dados dos outros rios

Por esse motivo foram utilizadas referências com base em estudo de revisão de literatura em diversas fontes o que permitiu observar indicativo de metais pesados como ferro, cromo, manganês e zinco na região dos Parques dos Manguezais, Sudoeste da Bacia do Pina. A expansão urbana atribuída ao lançamento inadequado de efluente e presença de indústrias de médio e alto potencial poluidor nas áreas que abrange o curso do Rio Capibaribe até a Bacia do Pina compromete a qualidade da água. Famílias ribeirinhas fazem parte do entorno da Bacia e a comunidade que habita na região lhe confere uma alta interferência antrópica. Os resultados de ensaios de balneabilidade apontam que um pouco mais da metade da amostragem realizada está fora de especificação em desacordo com a resolução CONAMA Nº. 274/00.

Os metais pesados por sua vez acarretam a poluição da água, ar, solo além de possuir efeito bioacumulativo que podem trazer problemas gastrointestinais, respiratórios, cardiovasculares, neurológicos e até mesmo câncer. Tendo em vista os aspectos mencionados, dentre os quatro tipos de nanomateriais analisados as nanopartículas magnéticas e o polímero dendrítico se mostram mais promissores para o corpo hídrico estudado. Podendo haver uma combinação entre essas duas técnicas. A magnetita na remoção de metais pesados e o polímero dendrítico auxiliando na remoção de outros compostos inorgânicos e orgânicos. As pesquisas nos campos da nanotecnologia para o tratamento de áreas degradadas têm ganho impulso globalmente falando, mediante as características únicas de adsorção de compostos tanto orgânicos como inorgânicos indesejáveis. Portanto, é de suma importância que as indústrias potencialmente poluidoras junto aos órgãos ambientais competentes e instituições possam fornecer subsídios para a continuidade das pesquisas e o desenvolvimento de tecnologias alternativas mais robustas que visam mitigar os impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

ALONGI, D.M; WATTAYAKORN, G; BOYLE, S; TIRENDI F; PAYN C. e DIXON P. Influence of root biomass and monsoonal rainfall on sediment storage and flux of mineral and trace elements in mangrove forests of southern Thailand. *Biogeochem.* 67: in press, 2004. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/1469938>> Acesso em: 12 mai. 2021.

ALVES, R.I. S.; TONANI, K. A. A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O.O.; TREVILATO, T. M. B; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. *Ambi-água*, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 122-132, 2010. Disponível em:

< http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/viewFile/286/pdf_360>. Acesso em: 12 mai. 2021.

ALIYU, Ahmed. Synthesis, electron microscopy properties and adsorption studies of Zinc (II) ions (Zn²⁺) onto as-prepared Carbon Nanotubes (CNTs) using Box-Behnken Design (BBD). *Scientific African*, [s.l.], v. 3, p.69-79, maio 2019. Elsevier BV. Disponível: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00069>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

ANTUNES, Paulo Bessa. *Direito Ambiental*. 12ª Edição amplamente reformulada. Rio de Janeiro: Editora Lumen Júris, 2009. Disponível em:

< <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:redede.virtual.bibliotecas:livro:2020;001170028>> Acesso em: 22 mar. 2021

ANVISA – Agência de Vigilância Sanitária. Portaria nº 2.914/2011 – Padrão de Potabilidade. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 23 abr. 2021

ARAÚJO, M.H.P.O; BARROS, E.B e FREIRE, A. Utilização de Nanopartículas Magnéticas na Adsorção de Metais Pesados. Universidade Federal de Campina Grande, Depto. Engenharia de Minas, Campina-CG, 2016. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/24247>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

BARROS, C.N; VAZ, R.V; PINTO, S.L; SOUZA, M e MENDES, E.S. Coliformes na água e no molusco bivalve *anomalocardia brasiliana* (GMELIN,1791) da Bacia do Pina, Recife, PE. Jornada de ensino UFRPE, pesquisa e extensão, IX anais recife. 2009. Disponível em:

< <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r1115-2.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

BIONE, M.A.A; DANTAS, R.M.L; TAVARES, R.G; ALBUQUERQUE, C.G; SOARES, T.M. e SILVA, E.F.F. Poluição do Rio Capibaribe por esgoto doméstico. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, IX, Anais. Recife. 2009 Disponível em:

<<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0880-1.pdf>> Acesso em: 12 jun. 2021.

BUREK, P; SATOH, Y; FISCHER, G; KAHIL, M. T; SCHERZER, A; TRAMBEREND, S. e WIBERG, D. Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report). IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria,

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2016. Disponível em: <pure.iiasa.ac.at/13008/>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BUSHAN, B. Springer Handbook of Nanotechnology. First Edition, New York, Springer Verlag, 2004. Disponível em:

< https://www.researchgate.net/publication/321621552_Springer_Handbook_of_Nanotechnology>. Acesso em: 05 jun. 2021.

CANCINO, L. e NEVES, R. "Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine systems, Part I: Description of the numerical models" Journal of Marine Systems, 22, pp. 105-116. 1999. Disponível em:

<<ftp://ftp.mohid.com/MohidPapers/Journal%20of%20Marine%20Systems/SedimentsEscalda/1.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das águas costeiras no estado de São Paulo 2017. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-costeiras/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Costeiras-do-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf>>. Acesso em: 06/05/2021

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Alterações físico-químicas – Oxigênio Dissolvido. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>>. Acesso em: 29 jun 2021.

Clínica Higashi. Intoxicação Crônica e Aguda por Metais Pesados na Pesquisa Ortomolecular. Disponível em: < <http://www.ortomoleculardrhigashi.med.br/noticia/33/intoxicacao-cronica-e-aguda-por-metais-pesados-na-pesquisa-ortomolecular.html>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430/2011 – Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução Nº 357/05. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357/2005 - 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. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Índices e Indicadores. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/Controle_Ambiental/monitoramento/qualidade_da_agua/bacias_hidrograficas/indices_e_indicadores/41786;62721;4803010201;0;0.asp>. Acesso em: 15 mar. 2021.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Resultados dos Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos GL1. Disponível em: <<http://www2.cprh.pe.gov.br/monitoramento-ambiental/qualidade-da-agua/bacias-hidrograficas/resultados-monitoramento-bacias/resultados-dos-grupos-de-bacias-de-pequenos-rios-literaneos/>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Relatório Bacia Hidrográfica Capibaribe. Disponível em: < http://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/relatorio_cb_18_3.3.pdf >. Acesso em: 15 mar. 2021.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Relatório de Balneabilidade. Disponível em: <http://www2.cprh.pe.gov.br/monitoramento-ambiental/balneabilidade/relatorios-de-balneabilidade/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 2001/2003. Disponível em: < <http://www2.cprh.pe.gov.br/publicacoes-e-transparencia/legislacoes-e-instrucoes-normativas/>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 2002/2000. Disponível em: < <http://www2.cprh.pe.gov.br/publicacoes-e-transparencia/legislacoes-e-instrucoes-normativas/>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Lei Nº 9931/1986. Disponível em: < <http://www2.cprh.pe.gov.br/publicacoes-e-transparencia/legislacoes-e-instrucoes-normativas/>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Unidade de conservação APA Estuarina do Rio Capibaribe CPRH » APA Estuarina do Rio Capibaribe. Disponível em: < <http://www2.cprh.pe.gov.br/publicacoes-e-transparencia/legislacoes-e-instrucoes-normativas/>>. Acesso em: 11 mai. 2021.

DE SOUZA, Carina Siqueira. O papel do zoneamento ambiental no planejamento municipal. ISSN ELETRÔNICO 2316-8080 PIDCC, Aracaju, Ano II, Edição nº 04/2013, p.154 a 175 Out/2013 Disponível em: < http://pidcc.com.br/artigos/042013/042013_11.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2021.

Diário de Pernambuco. Esculturas preenchidas com lixo chamam a atenção sobre a poluição no Recife. Disponível em: < <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2019/06/esculturas-preenchidas-com-lixo-chamam-a-atencao-sobre-a-poluicao-no-r.html>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

DUARTE, R.P.S e PASQUAL, A. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. Energia na agricultura. Revista Brasileira de engenharia ambiental. Botucatu, v.15, n.1, p.46-58, 2000. Disponível em: <<http://files.engenharia-ambiental.webnode.com/200000032-7ec0c7fba6/avalia%c3%87%c3%83o%20do%20c%c3%81dmio-chumbo-n%c3%8dquel%20e%20zinco%20em%20solos%20plantas%20e%20cabelos%20humanos.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

SIQUEIRA, R. S. Manual de microbiologia de alimentos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos – CTAA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 1995. eSIG – Informações Geográficas da Cidade do Recife. Disponível em:

<<https://esigportal.recife.pe.gov.br/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=679e74b46c7b44caaad64abd5f751b4b>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

FIEPR – Observatórios – Tecnologia Animal - Nanotecnologia é usada para remover substâncias e despoluir rios e lagos.

Disponível em: < Destaques - Nanotecnologia é usada para remover substâncias e despoluir rios e lagos - Rotas Estratégicas - BIOTECNOLOGIA ANIMAL - Observatórios - Fiep (fiepr.org.br)>. Acesso em: 18 mai. 2021.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. 1 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2001. 192 p.

FUSATI – Blog, Filtros, Equipamentos para o Tratamento de Água, Tratamento de Efluentes, Esgoto - Demanda Bioquímica de Oxigênio. Disponível em: < <https://www.fusati.com.br/o-que-e-demanda-biologica-de-oxigenio-dbo/>> Acesso em: 29 jun 2021.

HOURANI, Rami. Design and synthesis of dendrimers for multipurpose tasks. Montréal, Québec, Canada, v. 1, p.001-189, out. 2009. Disponível em:

<http://digitool.library.mcgill.ca/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1570830301542~322>. Acesso em: 06 mai. 2021

HUONG, P; LEE, B e KIM, J. Improved removal of 2-chlorophenol by a synthesized Cu-nano zeolite. Process Safety And Environmental Protection, [s.l.], v. 100, p.272-280, mar. 2016. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2016.02.002>>. Acesso em: 18 mai. 2021.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Resolução nº 274/2000 - Estabelece sistemáticas de avaliação da qualidade ambiental das águas. Disponível em: < https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2000/res_conama_274_2000_parametrosambientaisqualidadedasaguas.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2021.

NASCIMENTO, F.C.R; MUNIZ, K; FEITOSA, F.A.N; ARAÚJO, J.P; SILVA, R.M.S; SILVA, G.S e MONTES, M.J.F. Disponibilidade Nutricional da Bacia do Pina e Rio Tejió (Recife-PE-Brasil) em Relação aos Nutrientes e Biomassa Primária (Setembro/2000). Tropical Oceanography v.31 i2 5023. 2000. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/316359140_Disponibilidade_Nutricional_da_Bacia_do_Pina_e_Rio_Tejió_Recife-PE-Brasil_em_Relacao_aos_Nutrientes_e_Biomassa_Primaria_Setembro2000>.

Acesso em: 06 mai. 2021.

NÓBREGA, Anderson Sérgio de Carvalho. Fontes de contaminação no Estuário do Rio Capibaribe, Pernambuco. Repositório Universidade Federal de Pernambuco – UFPE Centro de Ciências Biológicas – CCB. 2011. Disponível em:

< <https://www.ufpe.br/documents/951030/981244/nobrega2011.pdf/b174d5c0-b103-477e-886a-4226994fee8e>>. Acesso em: 03 jun. 2021.

ODUM, E. P. Fundamentals of ecology. Third edition. Philadelphia. 574p, 1971. Disponível em: <[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?Referenc eID=1526688](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?Referenc eID=1526688)>. Acesso em: 25 mar. 2021.

Planalto – República Federativa do Brasil. Lei nº 6938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 23 abr. 2021.

Planalto – República Federativa do Brasil. Lei nº 11445/2007 – Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Disponível em:

< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 23 abr. 2021

Planalto – República Federativa do Brasil. Portaria MS Nº 2914/2011 – Padrão de Potabilidade. Disponível em: < https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 23 abr. 2021

Planalto – República Federativa do Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 06 mai. 2021.

Prefeitura do Recife. Projeto Fotos do Recife. Disponível em:

<www.recife.pe.gov.br/cidade/projetos/fotosdorecife>. Acesso em: 08 mai. 2021.

PRITCHARD, D.W. What is an Estuary: Physical View point? In: Lauff, G.H., Ed., Estuaries, American Association for the Advancement of Science, Washington DC, Vol. 1, 149-176, 1967. Disponível em: <[https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?Referen ceID=2262701](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?Referen ceID=2262701)>. Acesso em: 23 abr. 2021

QUINA, Frank H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. Quím. Nova. v. 27, n. 6, pp. 1028-1029. 2004. Disponível em:

< <https://www.scielo.br/j/qn/a/5zZPsK4RdkjGGfFrhWsLbjd/?lang=pt>>. Acesso em: 05 jun. 2021.

REIS, Marta. Interatividade Química. São Paulo: Coleção Delta, Editoria FTD, 2003.

SÁ, F. 2003 Distribuição e Fracionamento de Contaminantes nos Sedimentos Superficiais e Atividades de Dragagem no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (PR). Tese (Mestrado em Geologia Ambiental) – Departamento de Geologia do Setor de Ciências da Terra. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Disponível em: < <https://www.escavador.com/sobre/569353/fabian-sa>>. Acesso em: 15 mai. 2021.

SANTIAGO, M.F., CUNHA, M.G.G.S., LEITÃO, S.N., COSTA, K.M.P., PALMEIRA, G.C.B., PORTO NETO, F.F., NUNES, F.S. Influência da descarga fluvial na dinâmica da biomassa fitoplanctônica na zona costeira (Pernambuco – Brasi) Tropical Oceanography 58, 189-205. 2010. Disponível em: < <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/18918/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Amanda%20Yumi%20Otsuka.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

SANTOS, D. M.; BOSSINI, J. A. T.; PREUSSLER, K. H.; VASCONSELOS, E. C.; CARVALHO-NETO F. S.; CARVALHO-FILHO, M. A. S. 2006. Avaliação de metais pesados na Baía de Paranaguá, PR, Brasil, sob influência das atividades antrópicas. Jornal Brasileiro Soc. Ecotoxicologia, vol. 1, n.2 : 157 – 160p Disponível em: < https://ecotoxbrasil.org.br/upload/6fd33383d2b9e43d3094a568024afb68-avalia_c_eo%20de%20metais%20pesados%20na%20ba_aa%20de%20paranagu_a.pdf> . Acesso em: 15 mai. 2021.

SANTOS, T.G; JUNIOR, J. L. B; COSTA, K.M.P e FEITOSA, F.A.N. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife, PE). Revista Brasileira de Engenharia de Pesa, v.4, n.1, p. 95-109, 2009. Disponível em: < <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/133>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

SEGUNDO, Rinaldo. O planejamento urbano municipal e o meio ambiente. Jus Navigandi, Teresina, ano 7, n. 63, mar. 2003

Disponível em: <O planejamento urbano municipal e o meio ambiente - Jus.com.br | Jus Navigandi>. Acesso em: 12 mai. 2021.

SO, C. L. *Environmental pollution of estuaries - a problem of hazard*. *Environ. Conserv.*, 5 (3): 205-211, 1978. Disponível em: < <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/abs/environmental-pollution-of-estuaries-a-problem-of-hazards/0AAEBC86F276BEFF1CC58B4CFA3F8640>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

SOLOMONS W. e FORSTNER U. *"Metals in the Hydrocycle"*. Berlin: Springer – Verlag 349p. 1984. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=moR9CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=SOLOMONS+W.,+FORSTNER+U.+1984.+%E2%80%9CMetals+in+the+Hydrocycle%E2%80%9D.+Berlin:+Springer+%E2%80%93+Verlag+349p.&ots=C9JIAjP6mX&sig=LWQmjGC4nrSqk9aTUf0xZ5vDlx0#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

TRENTO, A. E. Dinâmica da flocculação no transporte de sedimentos finos. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação de Engenharia), Departamento de Ciências em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 170 p. 2005. Disponível em:

<file:///C:/Users/gbt4948/Downloads/Alfredo%20Emilio%20Trento_D.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2021.

ANEXOS

ANEXO A – EFEITOS NOCIVOS DOS METAIS PESADOS NO ORGANISMO HUMANO

	De onde vem	Efeitos
Alumínio	Produção de artefatos de alumínio; serralheria; soldagem de medicamentos (antiácidos) e tratamento convencional de água	Anemia por deficiência de ferro; intoxicação crônica
Arsênico	Metalúrgica; manufatura de vidros e fundições	Câncer (seios paranasais)
Cádmio	Soldas, tabaco, baterias e pilhas	Câncer de pulmão e próstata; lesão nos rins
Chumbo	Fabricação de reciclagem de baterias de autos; indústria de tintas, pintura em cerâmicas; soldagem	Saturismo (cólicas abdominais, tremores, fraqueza muscular, lesão renal e cerebral)
Cobalto	Preparo de ferramentas de corte e furadoras	Fibrose pulmonar (endurecimento do pulmão) que pode levar a morte
Cromo	Indústria de correntes, esmaltes, tintas, ligas com aço e níquel; cromagem de metais	Asma (bronquite), câncer
Fósforo amarelo	Veneno de baratas; rodenticidas (tipo de inseticida usado na lavoura) e fogos de artifício	Náuseas, gastrite, odor de alho, fezes e vômito fluorescente, dor muscular, torpor, choque, coma e até a morte
Mercúrio	Moldes industriais, indústrias de cloro-soda, garimpo de ouro, lâmpadas fluorescentes	Intoxicação do sistema nervoso central
Níquel	Baterias, armados, fundições e riquelagem de metais, refinarias	Câncer de pulmão e seios paranasais
Fumos metálicos	Vapores (cobre, ferro, manganês, níquel e zinco) da soldagem industrial ou da galvanização de metais	Febre dos fumos metálicos (febre, tosse, cansaço e dores musculares), parecido com pneumonia

ANEXO B – RELATÓRIO DE ENSAIOS BALNEABILIDADE

	LABORATÓRIO PROF. ADAUCTO DA SILVA TEIXEIRA UNIDADE DE ANÁLISES LABORATORIAIS SETOR DE BIOLOGIA	Página 1 de 2 Nº: 17/2021 Revisão 01	 Agência Estadual de Meio Ambiente
---	--	--	---

INFORMATIVO DA BANEABILIDADE DAS PRAIAS DE PERNAMBUCO**Período: 30/04 a 06/05****Data de coleta: 26/04 e 27/04**

Ponto de coleta	Localização	Município	Classificação
ITA-20	Praia de Jaguaribe, em frente à Rua Santana de Barros.	Itamaracá	Imprópria
ITA-10	Praia de Pilar, em frente à Igreja do Pilar.	Itamaracá	Própria
ITA-05	Praia do Forte, em frente ao Forte Orange.	Itamaracá	Própria
PAL-40	Praia de Maria Farinha, em frente ao Cabanga Iate Clube.	Paulista	Própria
PAL-20	Praia do Janga, em frente à Rua Cláudio S. Bastos Nº 190 (Cond. Roberto Barbosa).	Paulista	Imprópria
PAL-10	Praia do Janga, em frente à Rua Betânia.	Paulista	Imprópria
OLD-97	Praia de Rio Doce, em frente à Rua Paulo N. Queiroz, próximo à foz do Rio Doce.	Olinda	Própria
OLD-50	Praia de Bairro Novo, em frente à Av. Ministro Marcos Freire Nº 2039 (Quartel da PE)	Olinda	Imprópria
OLD-20	Praia do Carmo, em frente à Praça João Pessoa, por trás dos CORREIOS.	Olinda	Própria
OLD-10	Praia dos Milagres, em frente à Praça dos Milagres.	Olinda	Própria
REC-80	Praia do Pina, em frente à Rua Com. Moraes com Eng. Antônio de Góes (Cassino Americano).	Recife	Imprópria
REC-50	Praia de Boa Viagem, em frente à Avenida Boa Viagem Nº 2840 – Posto 8 (Padaria Boa Viagem).	Recife	Imprópria
REC-10	Praia de Boa Viagem, em frente à Avenida Boa Viagem Nº 6958 – Posto 15.	Recife	Imprópria
JAB-80	Praia de Piedade, em frente à Avenida Beira Mar Nº 606 (Hospital da Aeronáutica)	Jaboatão dos Guararapes	Imprópria
JAB-30	Praia de Candeias, em frente à Av. Bernardo V. de Melo Nº 5422 (Conj. Residencial Candeias II).	Jaboatão dos Guararapes	Imprópria
JAB-20	Praia de Candeias, em frente à Av. Bernardo V. de Melo Nº 6476 – Restaurante Candelária.	Jaboatão dos Guararapes	Imprópria
JAB-10	Praia de Barra de Jangadas, em frente ao Nº 10800 (antiga Marina dos Mares).	Jaboatão dos Guararapes	Imprópria
CBO-20	Praia de Enseada dos Corais, em frente ao Canal do Boto	Cabo de Sto Agostinho	Própria
CBO-10	Praia de Gaibú, em frente à Avenida Laura Cavalcanti (Centro de Turismo).	Cabo de Sto Agostinho	Imprópria
IPO-20	Praia de Porto de Galinhas, em frente à R. Esperança, Escola Manuel L. C. Uchoa.	Ipojuca	Própria
IPO-10	Praia de Ponta de Serrambi, no Pontal – Quadra 01-01, Lote 01-01.	Ipojuca	Própria
TAM-20	Praia dos Carneiros, em frente ao Condomínio Pontal dos Carneiros	Tamandaré	Própria
TAM-14	Praia de Tamandaré, em frente ao Hotel Marinas de Tamandaré.	Tamandaré	Própria
TAM-10	Praia de Tamandaré, em frente à Rua Nilo Gouveia Filho, em frente à estátua.	Tamandaré	Imprópria
SJG-10	Praia de São José da C. Grande, em frente a R. da Matriz esquina c/ R. João Francisco Melo.	São José da C. Grande	Própria

NC= não coletado/não classificado

ANEXO C – ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Índice de Estado Trófico – IET

Avaliação limitada para rio e reservatório

NÍVEL TROFICO	CRITÉRIO
Ultraoligotrófico – Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.	$IET \leq 47$
Oligotrófico – Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico – Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico – Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico – Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico – Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandade de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.	$IET > 67$
Fonte: CETESB	

ANEXO D – LAUDO RELATÓRIO QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE – ESTAÇÃO CB-95

Parâmetro	Unid.	Data e Hora das Coletas											
		22/05						14/08					
		12:20						13:15					
Temperatura	°C					25			22				
pH	-					7,2			7,1				
Condutividade Elétrica	µS/cm					1525			614				
OD	mg/L					<u><0,5</u>			<u><0,5</u>				
DBO	mg/L					<u>15,3</u>			<u>32,1</u>				
Cor	Pt/Co					<u>100</u>			<u>200</u>				
Turbidez	UNT					15			20				
Amônia	mg/L					<u>11,9</u>			3,97				
Fósforo Total	mg/L					<u>1,76</u>			<u>0,93</u>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL					<u>1700</u>			<u>>160000</u>				
Cromo total	mg/L												
Cloreto Total	mg/L												
Fósforo Solúvel	mg/L												
Salinidade	ups					0,8			0,3				
Classe na CONAMA 357/05													
Classe	-					1SB			2				
Índices e Indicadores de qualidade													
OD saturação	%					6			6				
Qualidade	-					MP			MP				
IET – rio	-								SE(64)				
IQA	-												
Risco de Salinidade	-					A			B				
Estuário e mar	-					AAA							
Pluviometria em Recife (Várzea -30) - Fonte APAC													
Total mensal	mm	144	111	160	281	205	463	306	183	110	60	4	22
Média histórica	mm	99	144	233	291	316	352	351	186	118	63	33	68

Avaliação de qualidade: NC=não comprometida, PC=pouco comprometida, MC=moderadamente comprometida, P= poluída e MP= muito poluída
IQA: OT= ótima, BO= boa, AC= aceitável, RU= ruim e PE= péssima
IET: UO= ultraoligotrófico, OL= oligotrófico, ME= mesotrófico, EU= eutrófico, SE= supereutrófico e HE= hipereutrófico
Ecotoxicidade: NT=não tóxica, T=tóxica
Risco de salinidade do solo: B=baixo, M=médio, A=alto, MA=muito alto
Período chuvoso em negrito. Fonte: PERH
Valores em negrito e sublinhado não conformes com a classe de enquadramento segundo a Resolução CONAMA Nº 357/05

ANEXO E – PARÂMETROS CONAMA 397/2005

PARAMETROS	Águas doces				Águas salinas			Águas salobras		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Salinidade		≤0,50 ‰				≥30 ‰			>0,5 ‰ e <30 ‰	
Efeito tóxico	Não verificado efeito crônico	Não verificado efeito crônico	Não verificado efeito agudo	-	Não verificado efeito crônico	Não verificado efeito agudo	-	Não verificado efeito crônico	Não verificado efeito agudo	-
Clorofila a (µg/L)	≤10	≤30	≤60	-	-	-	-	-	-	-
Densidade de Cianobactérias (cel/mL)	≤20.000	≤50.000	≤100.000, des sedimentação de animais ≤50.000	-	-	-	-	-	-	-
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	5 a 9
OD (mg O ₂ /L)	≥6	≥5	≥4	≥2	≥6	≥5	≥4	≥5	≥4	≥3
DBO (mg O ₂ /L)	≤3	≤5	≤10	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal total (mg NH ₃ /L)	4,5(pH≤7,5) 2,4(7,5<pH≤8,0) 1,2(8,0<pH≤8,5) 0,6(pH>8,5)	4,5(pH≤7,5) 2,4(7,5<pH≤8,0) 1,2(8,0<pH≤8,5) 0,6(pH>8,5)	16,1(pH≤7,5) 6,8(7,5<pH≤8,0) 2,7(8,0<pH≤8,5) 1,2(pH>8,5)	-	≤0,49mg/L	≤0,85mg/L	-	≤0,49mg/L	≤0,85mg/L	-
Fósforo total (mg P/L)	lênticos0,02 intermediário e tributário de lênticos0,025 lótico e tributário de intermediários0,1	lênticos0,03 intermediário e tributário de lênticos0,05 lótico e tributário de intermediários0,1	lênticos0,06 intermediário e tributário de lênticos0,075 lótico e tributário de intermediários0,15	-	≤0,062mg/L	≤0,093mg/L	-	≤0,124mg/L	≤0,186mg/L	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	≤200 em 80% de 6 amostra/ano	≤1000 em 80% de 6 amostra/ano	≤2.500 contato secundário ≤1.000 animais confinados ≤4.000 demais usos	-	≤1.000 em 80% de 6 amostra/ano	≤2.500 em 80% de 6 amostra/ano	≤4.000 em 80% de 6 amostra/ano	≤200 irrigação ≤1.000 em 80% de 6 amostra/ano	≤2.500 em 80% de 6 amostra/ano	≤4.000 em 80% de 6 amostra/ano
Cor	-	≤75	≤75	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez (UNT)	≤40	≤100	≤100	-	-	-	-	-	-	-
Nitrito (mg N/L)	≤10	≤10	≤10	-	≤0,40	≤0,70	-	≤0,40	≤0,70	-
Nitrato (mg N/L)	≤1,0	≤1,0	≤1,0	-	≤0,07	≤0,20	-	≤0,07	≤0,20	-
Cádmio total (mg/L)	≤0,001	≤0,001	≤0,01	-	≤0,005	≤0,04	-	≤0,005	≤0,04	-
Chumbo total (mg/L)	≤0,01	≤0,01	≤0,033	-	≤0,01	≤0,21	-	≤0,01	≤0,21	-
Cromo total (mg/L)	≤0,05	≤0,05	≤0,05	-	≤0,05	≤1,1	-	≤0,05	≤1,1	-
Manganês total (mg/L)	≤0,1	≤0,1	≤0,5	-	≤0,1	≤0,1	-	≤0,1	≤0,1	-
Zinco total (mg/L)	≤0,18	≤0,18	≤5	-	≤0,09	≤0,12	-	≤0,09	≤0,12	-
Níquel total	≤0,025 mg/L	≤0,025 mg/L	≤0,025 mg/L	-	≤0,025mg/L	≤74ug/L	-	≤0,025mg/L	≤74ug/L	-
Mercurio total	≤0,0002 mg/L	≤0,0002 mg/L	≤0,002 mg/L	-	≤0,0002 mg/L	≤1,8ug/L	-	≤0,0002 mg/L	≤1,8ug/L	-

Fonte: CONAMA (2005).

ANEXO F - LEGENDA - MAPA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS 2018

Cursos de água

Critério: Adotar situação mais frequente. No caso de empate adotar a situação menos favorável.

1. OD - Oxigênio Dissolvido (mg/L)

Qualificação	Cor
Dentro da Classe*	Azul
Fora da Classe*	Vermelha

* Resolução do CONAMA 357/05.

OD	IET
Coli	RSS

2. Índice do Estado Trófico (IET)

Critério	Qualificação	Cor
$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico	Azul
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico	Verde
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico	Amarela
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico	Laranja
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico	Vermelha
$IET > 67$	Hipereutrófico	Violeta

3. Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)

Qualificação	Cor
Dentro da Classe*	Azul
Fora da Classe*	Vermelha
Sem informação	

* Resolução do CONAMA 357/05.

4. Risco de Salinização do Solo (RSS)

Valor	Qualificação	Cor
$Cond. \leq 750$	Baixo	Azul
$750 < Cond. \leq 1500$	Médio	Verde
$1500 < Cond. \leq 3000$	Alto	Amarela
$Cond. > 3000$	Muito Alto	Vermelha

No caso das estações localizadas em estuário e no mar (GO-85, CB-95, IP-97, IP-99, SC-30, BF-90, IG-65 e JB-75), adotou-se o indicador estuário e mar em substituição ao risco de salinização do solo.

Qualificação	Cor
Baixa Ação Antrópica	Azul
Alta Ação Antrópica	Vermelha

OD	IET
Coli	Estuário e Mar

CARTA DE ACEITE



CARTA DE ACEITE DE ORIENTAÇÃO DE TCC

À Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife-PE

Tendo conhecimento das normas que regulam a elaboração de trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado do Centro Universitário Maurício de Nassau e seus anexos, aprovados pelo conselho Superior – CONSUP, venho declarar que aceito ser o orientador de TCC do (a) aluno (a): Núbia Rafaella Silva de Santana Souza matrícula nº: 01092360, telefone: 81 996709706, e-mail: n.rafaella@icloud.com, cujo projeto de pesquisa, a ser elaborado sob minha orientação, versará sobre o tema: Técnicas de remoção de metal pesado através de métodos de biorremediação na Bacia do Pina.

De acordo com o regulamento de TCCs, estou ciente da responsabilidade pela orientação de conteúdo e forma do trabalho de conclusão, supervisão do cumprimento dos prazos estabelecidos pela gerência do curso, especialmente no tocante à data limite para a apresentação da monografia, em 19/06/2021 (até às 20:00h), e que a atividade de orientação não poderão ser exercidas em prejuízo das atividades docente de graduação.

Recife, 23, de Março de 2021.

Prof(a).Adriane Mendes Vieira Mota Matrícula: 24827


Prof. Adriane Mendes
Orientador (a)