



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E SISTEMAS
AGROINDUSTRIAIS**

MARCELO GONÇALVES NUNES DE OLIVEIRA MORAIS

**QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO POTI NA REGIÃO DA GRANDE
TERESINA - PI**

Pombal-PB

2023

M282q Morais, Marcelo Gonçalves Nunes de Oliveira.
Qualidade da água do Rio Poti na região da Grande Teresina - PI /
Marcelo Gonçalves Nunes de Oliveira Morais. – Pombal, 2023.
56 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Aline Costa Ferreira, Profa. Dra. Rubenia de
Oliveira Costa”.

Referências.

1. Sustentabilidade. 2. Água. 3. Rio Poti. 4. CONAMA. 5. Balanço
hídrico. I. Ferreira, Aline Costa. II. Costa, Rubenia de Oliveira. III. Título.

CDU 502.131.1 (043)

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Auxiliadora Costa (CRB 15/716)

MARCELO GONÇALVES NUNES DE OLIVEIRA MORAIS

**QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO POTI NA REGIÃO DA GRANDE
TERESINA-PI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em: 28/02/2023.

Banca Examinadora



Orientadora
Prof.^a. D. Aline Costa Ferreira

Orientadora
Prof.^a. D. Rubenia de Oliveira Costa

Examinadora Interna
Prof.^a. D. Lauriane Almeida dos A. Soares

Examinadora Externa
Prof.^a. D. Vera Lúcia Antunes de Lima

Examinador Externo
Prof. D. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Áurea Maria, mãe dos meus três filhos, que tive a sorte de conhecer há 40 anos numa noite de São João.

Aos meus pais Anselmo e Amália (*in memoriam*).

Aos meus irmãos Marcos, Anselmo e Ulysses.

Aos meus filhos Marcelo, Thaís e Victor.

Aos meus netos Nilton Neto e Maria.

A minha cachorrinha vira lata Santinha, que encontrei na minha porta durante a pandemia.

Ao Prof. Geraldo Baracuhy por todo o apoio.

À Profa. Rubênia pelo incentivo para que eu ingressar no mestrado e apoio na caminhada.

À Profa. Aline, minha orientadora amiga, que encontrei na vida. Profissional de primeira qualidade.

Aos meus colegas de mestrado, meus agradecimentos pessoal e profissional!

Meu muito obrigado a todos os professores, funcionários e alunos do CCTA/UFCG que me ajudaram nessa jornada.

*“Art.1º - As profissões de engenheiro e engenheiro-agrônomo
são caracterizadas pelas realizações de interesse social e humano”*

Lei 5194 de 24 de dezembro de 1966.

MORAIS, Marcelo Gonçalves Nunes de Oliveira. **Qualidade da água do Rio Poti na Região da Grande Teresina-PI**. 2023, 48f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais – PPGSA). Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

RESUMO

O presente trabalho objetivou monitorar e avaliar a qualidade da água do Rio Poti, importante fonte hídrica da Grande Teresina, estado do Piauí, de acordo com a legislação do CONAMA e sua adequabilidade para os diversos usos, em especial, na agroindústria, conhecer suas condições atuais e seus possíveis impactos, visando dispor dados aos órgãos competentes, para conservação e uso racional deste recurso. Para tanto foram realizadas análises físico-químicas e biológica da água coletada em quatro locais distintos do rio: sob a Ponte Wall Ferraz, Ponte Juscelino Kubitschek, Ponte da Primavera e Ponte Poti Velho. As variáveis analisadas foram pH, Turbidez (NTU), Condutividade Elétrica (dS.m-1) e Demanda Química de Oxigênio DQO (mg/L). De acordo com os achados na pesquisa, utilizando como parâmetro a Resolução nº. 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), embora os resultados atendam aos padrões da supramencionada resolução, há uma grande mudança nos níveis de DBO e nitrato, o que indica maior poluição durante o período não chuvoso devido à diminuição da vazão do Rio Poti. Isso tem um impacto negativo na qualidade da água e pode levar ao desenvolvimento excessivo de plantas aquáticas, como aguapé, nos períodos mais secos. No entanto, pode-se concluir que um adequado estudo contínuo de balanço hídrico possibilitará análises de disponibilidade de água e seu gerenciamento e verificar a correta aplicação de modelos hidrológicos e o entendimento das relações entre a água armazenada e seus fluxos.

Palavras-Chave: Sustentabilidade; água; Rio Poti; CONAMA; balanço hídrico

MORAIS, Marcelo Gonçalves Nunes de Oliveira. **Poti River water quality in Teresina-PI Region**. 2023, 48f. Dissertation (Master in Agroindustrial Systems –PPGSA). Federal University of Campina Grande – UFCG.

ABSTRACT

The present study aimed to monitor and evaluate the water quality of the Poti River, an important water source in Greater Teresina, Piauí state, according to CONAMA legislation and its suitability for various uses, especially in agro-industry, to understand its current conditions and possible impacts, providing data to competent agencies for the conservation and rational use of this resource. To this end, physical-chemical and biological analyses of water collected at four different locations along the river were performed: under the Wall Ferraz Bridge, Juscelino Kubitschek Bridge, Primavera Bridge, and Poti Velho Bridge. The analyzed variables were pH, turbidity (NTU), electrical conductivity (dS.m-1), and chemical oxygen demand (COD) (mg/L). According to the findings, using Resolution No. 357/2005 of the National Environmental Council (CONAMA) as a parameter, although the results meet the standards of the aforementioned resolution, there is a significant change in BOD and nitrate levels, indicating greater pollution during the non-rainy season due to the decrease in Poti River flow. This has a negative impact on water quality and can lead to excessive development of aquatic plants, such as water hyacinth, during drier periods. However, it can be concluded that a proper continuous study of water balance will enable analysis of water availability and its management, and verify the correct application of hydrological models and understanding of the relationships between stored water and its flows.

Keywords: Sustainability; water; Poti River; CONAMA; water balance

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Características da água	20
Quadro 2: Resultados da amostra coletada sob as 4 pontes no dia 29 de julho.....	36
Quadro 3: Resultados da amostra coletada sob as 4 pontes no dia 29 de novembro.....	37
Quadro 4: Resultados da amostra coletada sob as 4 pontes no dia 02 de fevereiro	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Local de captação das amostras.....	36
Tabela 2 - Metodologias empregadas nas análises dos parâmetros estudados.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Balanço de massa genérico	29
Figura 2 - Bacia hidrográfica do Rio Poti	34
Figura 3 - Localização das Pontes no Rio Poti.....	36
Figura 4 - Imagem capturada durante uma das coletas realizadas	37

LISTA DE SIGLAS

AESBE	Associação das Empresas
ANA	Agência Nacional de Águas
CE	Condutividade Elétrica
CLP	Centro de Liderança Pública
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
H ₂	Hidrogênio
H ₂ O	Água
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
OD	oxigênio dissolvido
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
P-A	Ponte Wall Ferraz
P-B	Ponte Juscelino Kubitschek
P-C	Ponte da Primavera
P-D	Ponte Poti Velho
pH	potencial hidrogeniônico
SST	Sólidos Totais em Suspensão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 QUALIDADE DE ÁGUA.....	19
2.2 PARÂMETROS DA QUALIDADE DE ÁGUA.....	20
2.3 INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS	20
2.3.1 O pH	20
2.3.2 Condutividade Elétrica (CE)	22
2.3.3 Temperatura.....	22
2.3.4 Sólidos Totais em Suspensão	23
2.3.5 Turbidez.....	23
2.3.6 Nitrito e Nitrato	24
2.3.7 Oxigênio Dissolvido.....	25
2.3.8 Transparência.....	26
2.3.9 Fósforo.....	26
2.4 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS.....	27
2.4.1 Coliformes Fecais e Totais	27
2.5 BALANÇO DE MASSAS	28
2.6 LEI DAS ÁGUAS DO ESTADO DO PIAUÍ.....	30
2.7 AGROINDUSTRIA	31
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	34

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
4 RESULTADOS	41
5 DISCUSSÃO	44
6 CONCLUSÃO	47
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

A Resolução Conama 357/2005 é um importante instrumento normativo que estabelece as condições e padrões de qualidade das águas superficiais e subterrâneas no Brasil. Através dela, são definidos os limites máximos permitidos para diversos parâmetros físico-químicos e biológicos, com o objetivo de garantir a proteção da saúde humana e do meio ambiente. Segundo a resolução, as águas devem ser classificadas em seis categorias (classe especial, classe 1, classe 2, classe 3, classe 4 e classe 5), de acordo com os seus usos preponderantes e os limites máximos permitidos para cada parâmetro.

Os corpos hídricos, em geral, possuem papel fundamental no crescimento da economia de uma nação, além de fornecer água para as atividades essenciais dos seres humanos (OKUMURA et al., 2020). Porém, a ação humana no meio ambiente provoca, de forma lenta e gradual, alterações, que, ao longo do tempo, aparecem de forma mais acentuada nos mananciais hídricos, causando riscos de saúde pública, impactos no meio ambiente e no desenvolvimento econômico e social (COELHO, RUBIM e SILVA, 2021). O conhecimento da qualidade da água é fonte de informação para a gestão pública, subsidiando medidas e programas relacionados com a saúde pública (RUBIM et al., 2008).

O município de Teresina, capital do Estado do Piauí, vem experimentando desde os anos de 1980, um crescimento populacional significativo, com a verticalização das moradias, sem que, para isto, tenham concorrido, paralelamente, os investimentos em saneamento básico, de forma especial, no que tange ao aspecto sanitário, o que agride de forma danosa os recursos naturais, como no caso do Rio Poti, visto que a qualidade da sua água é afetada com gravidade. Segundo a Associação das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE, 2020) a capital do Piauí, com quase 900 mil habitantes, somente oferece 35,65% de cobertura de saneamento básico.

O ponto de partida deste trabalho está ancorado nos Objetivos do Milênio (ODM), espelhados na Resolução N° 55/2, da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), de 8 de setembro de 2000, que contou com a participação de 191 delegações e a presença de 147 chefes de estado e produziu a Declaração do Milênio; e privativamente, no Brasil, reverberados pela Rio+20 (ROMA, 2019). Em ambos os procedimentos, saliente-se, uma vez inalcançados os “objetivos”, um novo prazo foi sendo moldado, cuja consolidação segue a passos lentos.

Dentre os ODM mais destacados da Declaração do Milênio, lê-se a síntese das preocupações internacionais pertinentes a temas ligados ao desenvolvimento, aos direitos humanos e ao meio ambiente, cujas metas deveriam ser alcançadas até 2015. Pontualmente, dentre estes objetivos estavam, por exemplo, a erradicação da pobreza extrema e da fome; alcance do ensino básico universal; redução da mortalidade infantil; e a garantia da sustentabilidade ambiental (ROMA, 2019). Embora não tenha sido um evento de cunho essencialmente ambiental, a Rio+20 ligou-se à temática da ODM. Considerando os três pilares do desenvolvimento sustentável – social, ambiental e econômico. Foi pretensão do evento, no que diz respeito ao aspecto socioeconômico, associar desenvolvimento à erradicação da pobreza, como também reduzir à metade o percentual de pessoas que careçam de acesso à água potável (SILVA, 2018).

Com a alteração dos prazos, a cargo dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, dentro do projeto Agenda 2030, através do Sistema das Nações Unidas no Brasil, e visíveis no site do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), a meta foi estendida para o ano de 2030, onde a projeção vislumbra o acesso universal à água potável e segura para todos. Não apenas à água potável, mas acesso, também, e nos mesmos moldes, ao saneamento e higiene adequados, melhoria da qualidade da água, redução da poluição, eliminação de despejos e liberação de produtos químicos no meio ambiente, e redução à metade da proporção de águas residuais não tratadas. O conjunto de medidas e objetivos visa garantir o manejo sustentável e saneamento para todos (BRASIL, 2020).

São nestes espaços que se preconizam as preocupações com a qualidade da água em diferentes épocas e localização do Rio Poti na região da Grande Teresina, Estado do Piauí, razão do presente estudo, que há de merecer as necessárias atenções e investimentos para a melhoria do seu valioso manancial, tendo em vista que o rio Poti é um importante curso d'água, que banha o estado do Ceará e Piauí. Com uma extensão de aproximadamente 538 km, o rio Poti é um dos principais afluentes do rio Parnaíba, e sua bacia hidrográfica ocupa uma área de cerca de 52.370 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE).

O Rio Poti tem uma grande importância histórica e social na cidade de Teresina, capital do estado do Piauí, sendo um dos principais responsáveis pela estruturação do tecido urbano da cidade. A presença do rio influenciou na localização de bairros e na construção de pontes, além de ser um importante local de convívio social para a população local. Segundo a pesquisa de Monteiro (2004), o Rio Poti desempenhou um papel fundamental na formação e estruturação urbana da cidade de Teresina. A construção de pontes sobre o rio, como a Ponte Estaiada e a

Ponte Wall Ferraz, permitiu a integração entre as margens, possibilitando o desenvolvimento de bairros como o São João e o São Cristóvão.



Vista do Rio Poti na cidade de Teresina – PI.

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Poti#/media/Ficheiro:Teresina_Rio_Poti.JPG

Além disso é um importante local de convívio e lazer para a população teresinense, com a realização de atividades como caminhadas, piquenique e banhos de rio. De acordo com Lima et al. (2019), a presença do rio na cidade contribui para a formação de uma identidade cultural e afetiva entre os habitantes de Teresina. Além disso, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), a bacia do Rio Poti apresenta um elevado potencial hídrico, com vários corpos d'água que podem ser utilizados para diversos usos, como abastecimento público, irrigação, pesca e turismo. No entanto, a região também enfrenta desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos, como a escassez de água em determinadas épocas do ano e a poluição dos rios e córregos.

Na cidade de Teresina, atualmente com 870 mil habitantes (IBGE, 2021), conforme levantamento da Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE), em 2020, a cobertura de saneamento na capital piauiense não alcançava metade de sua população – chegando a apenas 35,65%. Contudo, informações mais preocupantes ainda são disponibilizadas pelo Centro de Liderança Pública (CLP), organização suprapartidária que há 12 anos busca engajar a sociedade e desenvolver líderes públicos para enfrentar os problemas

mais urgentes do Brasil. Segundo levantamentos da entidade, o percentual de cobertura de abastecimento d'água em Teresina é interessante, pois alcança 95,51% das residências. Porém, quando se fala em coleta de esgoto, o percentual encontrado fica em 28,84% e o tratamento em ínfimos 19,45%.

A metodologia do estudo levou em consideração a razão entre a população atendida com esgotamento sanitário e a população do município; enquanto em relação ao tratamento considerou a razão entre o volume de esgoto tratado e a diferença entre o volume de água consumida e o volume de água exportada. O diagnóstico do saneamento básico da região integrada de desenvolvimento (Ride) Grande Teresina, realizado por técnicos da Universidade de Brasília e apresentado no ano de 2019, aponta que a quase totalidade da água fornecida aos teresinenses é captada no Rio Parnaíba. Esta água captada passa pelo processo de tratamento em duas estações – uma localizada na Zona Sul de Teresina, e a outra na Zona Norte, na populosa região denominada de Santa Maria da CODIPI, a jusante da foz do Rio Poti. Logo, parte da água do Rio Poti, que após o percurso de 538 km se faz tributária do Rio Parnaíba, é destinada à distribuição e consumo da população do Estado e de Teresina.

O Rio Poti é de extrema importância para a cidade de Teresina, capital do Piauí, pois é um importante manancial que, se ainda não abastece a cidade com água, num futuro próximo poderá fazê-lo, além de ser um importante recurso para atividades econômicas locais, como a pesca e a agricultura irrigada. Além disso, o rio é utilizado para a produção de alimentos através da agricultura irrigada, que é uma importante fonte de renda para muitas famílias na região. No entanto, o Rio Poti também sofre com ação humana, como despejo de esgoto e lixo, o que pode comprometer a qualidade da água e prejudicar a saúde das pessoas e dos ecossistemas locais. Por isso, é importante que haja investimentos em saneamento básico e na preservação do rio e de sua bacia hidrográfica.

Pelos motivos já expostos, pertinentes à importância estrutural Rio Poti, na área referenciada para os estudos ora propostos, em contraponto ao crescente nível de poluição, bem como pela necessidade de preservação deste manancial hídrico valioso e o uso futuro de suas águas, estando em plena conformidade com os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, é notável a relevância deste estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Monitorar e avaliar a qualidade da água do Rio Poti na região da Grande Teresina-PI, identificando os principais fatores que afetam a sua qualidade e propondo medidas para garantir a conservação e o uso sustentável desse importante recurso hídrico.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Realizar uma revisão bibliográfica sobre os principais fatores que afetam a qualidade da água em rios urbanos, com foco no Rio Poti.
2. Avaliar a qualidade da água do Rio Poti na região da Grande Teresina-PI, através da coleta e análise de amostras em diferentes pontos do rio.
3. Identificar os principais poluentes presentes na água do Rio Poti na região da Grande Teresina-PI, através da análise das amostras coletadas.
4. Verificar a conformidade da qualidade da água do Rio Poti na região da Grande Teresina-PI com as legislações e normas ambientais vigentes.
5. Propor medidas para garantir a conservação e o uso sustentável da água do Rio Poti na região da Grande Teresina-PI, considerando os aspectos socioeconômicos e ambientais da região.
6. Elaborar recomendações para o poder público, organizações da sociedade civil e a população em geral visando à proteção da qualidade da água do Rio Poti na região da Grande Teresina-PI.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um bem inestimável e imprescindível à geração e perpetuação da vida em qualquer dos um dos cinco Reinos da Natureza, em especial, o reino animal onde a raça humana se situa depende diretamente da abundância e qualidade da água para sua existência e perpetuação ao longo do tempo. No tocante aos grandes centros urbanos, há uma realidade contrária a essa premissa, apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir o seu consumo, a água tem se tornado um bem escasso, e sua qualidade se deteriora cada vez mais rápido. (FREITAS et al., 2001).

Notadamente, é a ação antrópica, fundamentada na elevação da densidade populacional, resultando em diversas variáveis poluidoras, tal como, lançamento de efluentes in natura nos corpos hídricos, emissão de gases nocivos, desmatamento, impermeabilização do solo, que tem levado ao quadro ambiental caótico presente em, praticamente, todos os continentes terrestres. Isso gera uma desestabilização da natureza e sua capacidade de tolerância. (VIEIRA, 2015)

Neste sentido, a Análise da Qualidade da Água, em especial, na região de aglomerados urbanos, vem a ser um instrumento eficaz para subsidiar as tomadas de decisões por parte dos agentes públicos e instituições privadas detentoras da gestão das águas, a fim de traçar políticas eficazes para a recuperação das condições de potabilidade e pureza desses mananciais. Assim, podemos considerar: O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos para execução de uma política de gestão de recursos hídricos, por servir como um sensor que permite o acompanhamento do processo de uso dos recursos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar ações de controle ambiental. (OLIVEIRA et al., 2014).

Como preconiza o artigo 6º dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), acordado pelos países signatários da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) – “Garantir a disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos”, é essencial a consecução de estudos e pesquisa que venham a contribuir com o grave momento existencial por que passa a humanidade, considerando, inclusive, a dinâmica das Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) que prevê para o nordeste brasileiro, onde está situada a bacia hidrográfica do rio Poti, o aumento da escassez hídrica e ampliação dos processos de desertificação.

2.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A Resolução nº 357/2005 é uma norma do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que estabelece as condições e padrões de qualidade da água no Brasil. Ela foi criada com o objetivo de proteger as águas superficiais e subterrâneas, garantindo que elas possam ser utilizadas para abastecimento humano, atividades econômicas e preservação dos ecossistemas aquáticos. A resolução define parâmetros e valores máximos permitidos para diversos tipos de poluentes presentes na água, tais como: pH, turbidez, sólidos totais, coliformes fecais, nitrato, nitrito, amônia, mercúrio, chumbo, entre outros. Além disso, a norma estabelece as condições para o enquadramento dos corpos d'água em classes de qualidade, que variam de acordo com o uso pretendido para a água e com a sensibilidade do ecossistema aquático local.

A Resolução nº 357/2005 é uma ferramenta importante para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, pois ela orienta a elaboração de planos de gestão de bacias hidrográficas e a definição de políticas públicas para a proteção e recuperação dos corpos d'água em todo o país. Além disso, ela permite que a sociedade civil e as empresas conheçam os limites legais para a utilização da água, incentivando a adoção de práticas sustentáveis e responsáveis.

No entanto, apesar de sua importância, ainda há desafios para a implementação da Resolução nº 357/2005 em todo o país, como a falta de monitoramento e fiscalização dos corpos d'água, a falta de infraestrutura para tratamento de esgoto e a poluição causada por atividades industriais e agrícolas. Por isso, é fundamental que haja esforços constantes para aprimorar a gestão dos recursos hídricos no Brasil, visando garantir o acesso à água de qualidade para todos e a proteção do meio ambiente.

A água é usada para diversos fins, como consumo humano, lazer, irrigação, entre outros. Para saber se esse recurso natural está apropriado aos diversos usos, a Agência Nacional de Águas (ANA) monitora a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do país, com base nos dados fornecidos pelos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos. Além disso, por intermédio desse acompanhamento, a ANA consegue fazer uma gestão mais eficiente, essencial para conceder outorgas de direito de uso da água e realizar estudos e planos, entre outras atividades.

2.2 PARÂMETROS DA QUALIDADE DE ÁGUA

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. A Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece as características da água e seus respectivos parâmetros para o enquadramento dos corpos de água em diferentes categorias de qualidade, conforme as condições de uso previstas. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos são importantes indicadores da qualidade da água e são utilizados para avaliar as condições de uso dos corpos d'água. Abaixo, seguem alguns exemplos desses parâmetros:

Quadro 1 - Características físicas, químicas e biológicas da água

Parâmetros	Características
Físicos	Cor, turbidez, sabor, odor, temperatura.
Químicos	Alcalinidade, pH, acidez, dureza, ferro, manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micro poluentes orgânicos e inorgânicos.
Biológicos	Organismos indicadores, algas, bactérias. Padrão de Potabilidade: Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. Padrão de corpos d'água: Resolução CONAMA 357 (2005), do Ministério do Meio Ambiente e eventuais legislações estaduais.

Fonte: elaborado pelo autor

Os requisitos de qualidade de água em função do abastecimento doméstico são os seguintes: Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; isenta de organismos prejudiciais à saúde; adequada para serviços domésticos; baixa agressividade e dureza; e esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de macrorganismos) (SAAEC).

2.3 INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

2.3.1 O pH

Em química, pH (potencial hidrogeniônico) é um número que expressa a acidez ou alcalinidade de uma solução. Uma solução neutra tem um pH de 7. Soluções ácidas são aquelas

com pH menor que 7 e soluções básicas são aquelas com pH maior que 7 (CÂMARA, 2011). O pH afeta o abastecimento de água potável. Água com pH baixo pode corroer ou dissolver metais como canos. A água com pH alto pode ter um gosto amargo, deixar depósitos minerais em tubulações e aparelhos e exigir cloro adicional para desinfetar a água potável. O pH é um parâmetro muito importante que do monitoramento ambiental, uma vez que é por meio dele que ocorre a identificação do caráter ácido, básico ou neutro do recurso hídrico analisado (QUINATTO, 2017).

As mudanças nos níveis de pH, nos ecossistemas aquáticos, podem estressar os organismos e reduzir as taxas de eclosão e sobrevivência. Mudanças no pH também podem aumentar a solubilidade de nutrientes como o fósforo e torná-los mais acessíveis para o crescimento das plantas, o que pode levar à proliferação de algas (CÂMARA, 2011). O pH é avaliado como um importante parâmetro químico no controle de qualidade de águas, especialmente, quando estas referem-se ao abastecimento de centros urbanos (SILVA, 2016).

Pode ser destacado também que, pelo fato de ser um fator controlador da grande parte das reações químicas, torna-se uma característica essencial a ser avaliada em um manancial, uma vez que interfere nos processos biológicos ocorridos no meio aquático, assim como na toxicidade de alguns compostos presentes e no monitoramento dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais, visto serem muitos os exemplos de reações dependentes de pH (CÂMARA, 2011).

No que se refere ao monitoramento do pH, a frequência dependerá da finalidade ou objetivo específico do monitoramento. O monitoramento de pH operacional e específico do processo pode variar em frequência e geralmente não é feito isoladamente. A análise no local dos parâmetros de qualidade da água inclui pH, cloro residual, turbidez e temperatura para fornecer uma linha de base para tendências específicas na qualidade da água em toda a estação de tratamento (RÄDER, 2015).

Locais de particular importância para o monitoramento de pH no sistema de distribuição incluem áreas com altos tempos de residência (por exemplo, bicos sem saída), áreas onde estão sendo realizadas manutenções ou atualizações (por exemplo, aplicação de revestimento de cimento em tubulações) e pontos no sistema de distribuição onde fontes de água potável são misturados (RÄDER, 2015).

A frequência de amostragem necessária para pequenos sistemas dependerá da qualidade da água e da complexidade dos sistemas de tratamento e distribuição. Como a eficácia da desinfecção é afetada pelo pH, mesmo sistemas com tratamento mínimo devem monitorar o

pH. Onde houver fontes e sistemas de distribuição complexos (por exemplo, vários poços com qualidade de água variável, zonas de mistura), a frequência e o número de locais monitorados podem precisar ser aumentados.

2.3.2 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica se trata da eficiência da água natural de conduzir a corrente elétrica por conta da existência de substâncias resolutas em ânions e equilibrado à concentração iônica. A água tem um potencial de ionização baixo e, assim, quantidades pequenas de soluções transmitidas nelas dissolvidas, tais como: ácidos inorgânicos, sais e bases, aumentam sua condutividade. Soluções pouco ionizáveis assim como as feitas por elementos orgânicos mostram uma condutividade baixa (EMBRAPA, 2001).

Tende a ser relativamente constante a condutividade em cada corpo d'água. As diferenças consideráveis tem o potencial de ser indicadores de que os procedimentos de poluição estão acontecendo onde há uma descarga de material na água (EMBRAPA, 2001).

Um dos indicadores que induz a condutividade nos corpos d'água é a constituição geológica da área em questão. Índices altos acontecem por meio de fontes não pontuais como efluentes de áreas residenciais urbanas, escoamento superficial de áreas agrícolas, águas de drenagem de sistemas de irrigação e, em foco em regiões áridas e semiáridas, onde a excessiva evapotranspiração gera o acúmulo de sais. Efluentes industriais, como fontes localizadas, liberam também teores altos de íons dissolvidos (RIGHETTO et al, 2017).

2.3.3 Temperatura

A temperatura dos fluídos e da água num geral mostra a magnitude da cinética de movimento aleatório das moléculas e enfatiza o fato da movimentação do calor à massa líquida, estando proporcionalmente ligada à velocidade dos procedimentos químicos, ao metabolismo dos organismos existentes no âmbito aquático e à dissolvência das substâncias. A temperatura se trata de um índice que possui influência sobre todos os procedimentos químicos, físicos e os biológicos da água (FERNANDES, 2017).

Nos diversos corpos d'água, a temperatura muda de acordo com as flutuações sazonais, sendo induzida pela altitude, latitude, hora do dia, época do ano e pela sua profundidade. Essas mudanças ocorrem de maneira gradativa, já que, a água tem o poder de absorver ou até mesmo de perder calor sem mutações significativas (FERNANDES, 2017).

Uma crescente na temperatura dos corpos d'água gera um aumento das funções biológicas dos organismos vivos existentes na água, uma vez que, cada um possui seu próprio limite de tolerância ou de preferência de temperatura. Segundo as mudanças da temperatura vão se distanciando do grau de sua preferência, a quantidade de indivíduos das diversas espécies reduz, seja por conta da migração, ou por conta de morte. Temperaturas altas diminuem também a fração de oxigênio presente na água, podendo levar a ocorrência de situações de risco, se caso essas águas tenham descargas de dejetos orgânicos (FUNASA, 2014).

2.3.4 Sólidos Totais em Suspensão

Um outro importante parâmetro são os sólidos totais (SST) que se trata da medida de acúmulo de todos dos ânions, sais e cátions achados dissoluto na água e materiais em suspensão. Concentrações elevadas de sólidos em suspensão tem a função de carreadores de substâncias tóxicas adsorvidas. Fertilizantes, metais e agrotóxicos são absorvidos facilmente nas partículas do solo e, não são detectados com facilidade nos pontos de coletas, na maioria das vezes, próximos ao local de sua aplicação, ou seja, podendo ser achados em locais bem distantes, como por exemplo, em rios e sedimentos de lagos. Bruscas variações nos aspectos químicos da água podem impulsionar esse material e gerar efeitos tóxicos em organismos aquáticos (VITÓ et al, 2016).

Segundo Araújo et al (2013), o bloqueio total dos rios ou dos lagos, processos de assoreamento, por causa do elevado conteúdo de elemento em suspensão são os agentes causadores do desequilíbrio entre espécies e pela extinção por completo de algumas formas de vida do corpo d'água. Podendo ainda inibir as atividades fotossintéticas das plantas aquáticas por conta da interferência da passagem de luz.

2.3.5 Turbidez

A turbidez é causada por partículas suspensas ou dissolvidas na água que espalham a luz fazendo com que a água pareça turva ou turva. O material particulado pode incluir sedimentos, especialmente argila e lodo, matéria orgânica e inorgânica fina, compostos orgânicos coloridos solúveis, algas e outros organismos microscópicos (CÂMARA, 2011).

A alta turbidez pode reduzir significativamente a qualidade estética de lagos e córregos, tendo um impacto prejudicial na recreação e no turismo. Pode aumentar o custo do tratamento de água para consumo e processamento de alimentos e também prejudicar os peixes e outras formas de vida aquática, reduzindo o suprimento de alimentos, degradando os leitos de desova e afetando a função das guelras (VASCO, 2011).

Os sedimentos geralmente encabeçam a lista de substâncias ou poluentes que causam turbidez. No entanto, qualquer bacia hidrográfica tem múltiplas fontes de poluentes ou características físicas que podem afetar a clareza da água. Estes podem ser divididos em fontes naturais ou de fundo e induzidas pelo homem. As fontes naturais podem incluir a erosão de áreas de terras altas, ribeirinhas, margens de riachos e canais de riachos; no entanto, isso é difícil de medir devido à atividade agrícola e de desenvolvimento. As atividades humanas podem acelerar a erosão (QUINATTO, 2017).

Os ácidos tânicos frequentemente associados a áreas de turfa e turfeiras causam a coloração da água, resultando em turbidez. As algas que crescem com a nutrição dos nutrientes que entram no córrego através da decomposição das folhas ou outros processos de decomposição que ocorrem naturalmente também podem ser uma fonte de turbidez. O movimento do canal de fluxo também pode liberar sedimentos (QUINATTO, 2017).

2.3.6 Nitrito e Nitrato

O nitrogênio se trata de um dos mais importantes elementos no metabolismo de ecossistemas aquáticos, se deve em especial por conta da sua participação na geração de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando existente em concentrações baixas se pode trabalhar como sendo um elemento restrigente na fabricação primária de ecossistemas aquáticos (COELHO et al, 2021).

As fontes naturais principais são a chuva, a fixação de nitrogênio molecular no interno do próprio corpo d'água e material orgânico e inorgânico de origem alóctone. Existe de diversas formas: nitrato, amônia, nitrito, óxido nitroso, íon amônio e nitrogênio molecular sendo o nitrato e nitrito as formas mais comumente nos ecossistemas aquáticos (ARAÚJO et al, 2013).

O nitrogênio amoniacal acontece de forma natural, em águas residuárias e em águas superficiais, uma vez que a amônia é o produto principal de eliminação dos organismos aquáticos. Sendo este apresentado de duas formas amônia (tóxico) e o íon amônio que propicia uma transformação em nitrito e, mais tarde em nitrato processos mediados por bactérias aeróbias autotróficas (COELHO et al, 2021).

Águas onde há predomínio de nitrogênio orgânico e amoniacal se caracterizam pela poluição recente por descarga de esgoto. Já os nitratos evidenciam uma poluição remota, já que estes são o produto final de oxidação do nitrogênio. O nitrogênio na forma de amônia livre pode ser tóxico aos peixes, uma vez dentro dos processos bioquímicos da transformação de amônio a nitrito e após em nitrato, o oxigênio soluto e consumido pode alterar as condições de vida aquática (ARAÚJO et al, 2013).

2.3.7 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um demonstrativo expressivo da qualidade sanitária das águas, sendo assim as águas superficiais precisam se apresentar saturadas de oxigênio. O OD é muito importante para uma sobrevivência de peixes e microrganismos que o usam em seu processo respiratório. É o processo de maior importância para a determinação das condições sanitárias das águas superficiais. Analisa a consequência dos despejos oxidáveis vindos de origem orgânica no recurso hídrico, tem a função de indicar as condições de vida na água e avalia o processo de alta purificação (BRASIL, 2006). A quantidade de oxigênio existente na água em condições normais depende da salinidade e da temperatura.

Sendo assim, águas com mais baixas temperaturas conseguem reter uma quantidade maior de oxigênio, ao mesmo tempo que as águas salinas possuem menos oxigênio. O grau de saturação do oxigênio e a pressão do ar conseguem alterar a altitude, enquanto o oxigênio existente na água reduz com o crescimento da altitude, por conta da redução da pressão relativa temperatura das águas (BRASIL, 2006).

A determinação do oxigênio dissolvido é muito importante para analisar qual o processo metabólico influente no ecossistema aquático. As condições aeróbias contribuem para a decomposição aeróbia da matéria orgânica, iniciando um produto final mineralizado ou estabilizado, e produzindo produtos inodoros e não tóxicos assim como CO₂, H₂ e H₂O. Um corpo aquático com concentração baixa de oxigênio possui um odor desagradável por conta do

estabelecimento de condições de anaerobiose que se representa pelos processos de fermentação da matéria orgânica (BRASIL, 2006).

2.3.8 Transparência

A transparência da água nos sistemas aquáticos tem importância quanto a produção primária de um corpo d'água, podendo vir a sofrer certa interferência de fatores bióticos e abióticos. Quanto à questão ótica, a transparência da água deve ser considerada o oposto da turbidez onde a porção iluminada da coluna d'água ou zona eufótica pode mudar de centímetros até metros, sua extensão pende especialmente do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é comumente assumido como uma profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% daquela que atinge a superfície da água (COELHO et al, 2021).

2.3.9 Fósforo

Em grande parte das águas continentais o elemento fósforo possui o foco como sendo um fator limitante de sua produtividade. Tem sido, ainda, visto como o principal responsável pela eutrofização artificial de corpos d'água. Toda forma de fósforo existente nas águas naturais, seja na forma iônica, seja na complexada, se encontra sob a forma de fosfato. Podendo se originar de fontes naturais, como por exemplo, rochas da bacia de drenagem, de material particulado presentes na atmosfera, causados pela decomposição de organismos de origem alóctone e ainda de fontes artificiais como esgotos domésticos e industriais e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ROCHA, 2018).

O fósforo de várias fontes pode causar o crescimento de algas, resultando em aumento da turbidez. As fontes de fósforo podem incluir instalações de tratamento de águas residuais, escoamento de nutrientes de terras cultivadas e outras fontes; e sedimento de fundo. A matéria orgânica das descargas de esgoto, especialmente durante os desvios das estações de tratamento, pode contribuir para a turbidez. A erosão do solo em terras cultivadas tem sido foco de programas de conservação do solo e da água por muitos anos. O escoamento de águas pluviais urbanas também é reconhecido como um importante contribuinte de sedimentos, de canteiros de obras, superfícies impermeáveis ou outras fontes (ROCHA, 2018).

2.4 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS

2.4.1 Coliformes Fecais e Totais

As águas superficiais e as águas subterrâneas geralmente podem estar contaminadas por uma enorme variedade de microrganismos. Alguns são nascentes do solo, não promovendo perigo à saúde. Mas, a contaminação pode acontecer por conta de microrganismos patogênicos, como por exemplo, fungos, bactérias, protozoários e helmintos que acabam na maioria das vezes gerando doenças de veiculação hídrica, responsáveis por taxas elevadas de morbidade e mortalidade, em especial nas crianças (QUINATTO, 2017).

Segundo Quinatto (2017), a preservação da qualidade das águas se trata de uma prioridade universal que exige muita atenção das autoridades sanitárias, ficando indispensável a laboração de exames bacteriológicos com a finalidade de avaliar qual a qualidade da água a ser consumida. As bactérias do grupo coliforme são os indicadores principais de contaminação fecal e possui uma importância como fator indicador da probabilidade de existência de microrganismos patogênicos (FUNASA, 2005).

O grupo de coliforme, conhecidos como *Escherichia coli* como parâmetro de qualidade microbiológica data do primeiro isolamento de fezes no final do século XIX. O grupo dos coliformes totais insere as bactérias na forma de bastonetes Gram-negativos, não esporogênicos anaeróbios facultativos. O grupo possui aproximadamente 20 espécies, das quais há tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de animais de sangue quente e de humanos, como também de vários gêneros e espécies de bactérias não entéricas, como *Serratia* e *Aeromonas* (SILVA et. al, 2006).

O termo coliforme total agrega um aglomerado ainda maior de bactérias aeróbias ou anaeróbias capazes de fermentar a lactose de 24 a 48 horas à temperatura 35 a 37° C. Ora o aglomerado de coliforme fecal ou coliforme termotolerante possui a mesma definição de coliforme total, mas, se limitando aos membros que são capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24h a 44,5 – 45,5° C (SILVA et. al, 2006). Esse conjunto de bactérias integra o gênero *Escherichia* e, em menor estimacão, *Citrobacter*, *Klesbsiella* e *Enterobacter*, sendo os dois últimos passíveis de serem isolados em âmbitos não poluídos como solo, água e

plantas. Como decorrência se consolida no meio técnico a predisposição do emprego da análise de *E. coli* no monitoramento de água bruta e de coliformes totais para efluentes de estações de tratamento de água e da eficiência própria do tratamento realizado (LUZZI, 2010).

A permanência dos patógenos, existentes no corpo da água fundam-se da qualidade de água em particular em relação aos nutrientes, a turbidez, nível de oxigênio e temperatura. Podem ainda serem adsorvidos nas partículas de argila, sedimentos e areia, gerando um acúmulo desses organismos em rios e lagos. A avaliação de bactérias patogênicas é um elemento essencial no controle da qualidade de água, quando há o uso seja direta ou indiretamente ao consumo humano (LUZZI, 2010).

2.5 BALANÇO DE MASSAS

Importante ferramenta para compreender a quantidade de poluentes que entram e saem de um determinado corpo d'água, o balanço de massas se trata de um princípio para a conservação de massa em um determinado sistema, fazendo uso para se fundamentar quantitativamente as massas que estão envolvidas em um processo químico ou físico, e ainda possui parâmetros importantes, tais como, produção concentração, recuperação mássica, teor do elemento químico entre outros. Se baseando neste princípio, se utiliza a fórmula de dois produtos, que é a soma dos fluxos que entram em um sistema igual à soma dos fluxos que saem do mesmo (CUNHA, 2013).

A determinação do balanço de dados se dá pela aplicação de algum processo de beneficiamento mineral, mas nem sempre é possível se obter os valores de massas assim como os teores com uma precisão necessária (CUNHA, 2013). Para o cálculo é feita uma coleta de dados por amostragem. Sendo ela representando os fluxos ligados ao processo de concentração mineral para definição dos teores. Mas, as amostragens para se conseguir as massas, pode vir a ser complexa por conta da dificuldade de acesso, do enorme volume manuseado e os erros que podem ser significativos no processo de manejo (OLIVEIRA, 1997).

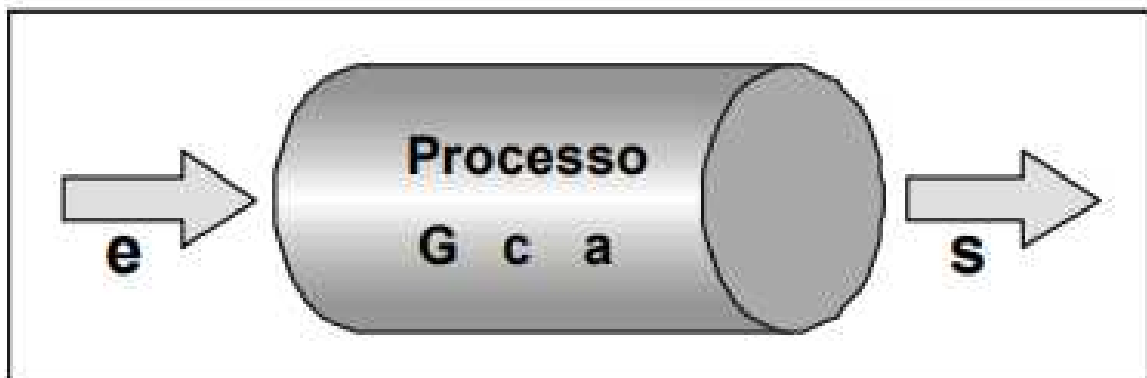
O balanço de massas é um dos mais utilizados no meio da engenharia química, e basicamente funciona na amostragem de fluxos de massa de entrada e saída de um processo. Sendo seu princípio a conservação de massa (SOARES, 2006). Assim, se o princípio é contínuo e ele opera em um processo permanente, ou seja, que não exista mudanças nas variações do processo ao passar do tempo, seu acúmulo é igual a zero. Portanto, tendo como ponto de partida as equações simples, fica possível a descrição dos processos químicos de uma maneira detalhada, já que as especificidades dos vários equipamentos estão definidas (SOARES, 2006).

O balanço de massas se trata de um monitoramento e na descrição dos fluxos de massas de dentro para fora de um processo, esmiudado as vazões e as concentrados de cada corrente e às vezes também no interior do sistema. É importante acompanhar tudo o que entre e o que saiu para se ter a proporção da eficiência da planta, seja em qual for o processo. Precisando apenas ser constante estável a maior parte do tempo (AQUIM, 2004).

Para se ter uma planta eficiente, testada e aprovada é necessário um balanço de massas, sejam em pequenos processos em no processo como um todo. E se existir algum tipo de problema com as medidas, a planta precisará ser mudada (AQUIM, 2004).

Com uma melhor eficiência o processo tenderá aumentar, assim como a quantidade final de produto aumentará também. Mas, assim como uma melhora se o outro aumenta, ocorre o contrário também, se a eficiência diminui a quantidade de produto final, ficando claro que as demais variáveis, tais como concentração/pureza das reservas, se estiverem constantes (AQUIM, 2004).

Figura 1: Balanço de massa genérico



Fonte: (SOARES, 2006)

O balanço de massa de qualquer sistema está representado pelo esquema abaixo, onde:

- e= quantidade de grandeza que entra por meio da fronteira
- s= quantidade de grandeza que entra sai meio da fronteira
- G= quantidade de grandeza gerada no interior do sistema
- c= quantidade de grandeza consumida no interior do sistema
- a= quantidade de grandeza acumulada no interior do sistema

Assim, não há acúmulo de massa na parte interna do equipamento, se tem ao logo de um intervalo de tempo, sendo (SOARES, 2006):

$$\text{massa total na entrada} = \text{massa total na saída}$$

Toda a atividade de gestão passa em primeiro pelo conhecimento das variáveis que dirigem o sistema analisado. O balanço de massa se baseia na lei de conservação de massa, que traz que a massa não pode ser criada, nem destruída. Nesse contexto, o balanço de massas pode ser uma ferramenta importante para ajudar a entender e controlar a poluição no Rio Poti, contribuindo para a melhoria da qualidade da água.

Segundo Prado et al. (2004), o monitoramento da qualidade da água de uma bacia hidrográfica é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, pois funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos cursos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental.

2.6 LEI DAS ÁGUAS DO ESTADO DO PIAUÍ

Com a promulgação da Lei das Águas, a Lei 9433, de 08 de janeiro de 1977, foi iniciado, no Piauí, um movimento liderado pelo CREA e entidades de engenharia, que culminou com a Lei das Águas do Estado do Piauí, a Lei Nº 5.165, de 17 de agosto de 2000, que estabelece diretrizes, objetivos e instrumentos para a gestão dos recursos hídricos, visando a proteção e o uso sustentável desses recursos, bem como a prevenção e o controle da poluição das águas. Dentre as providências previstas na lei, estão a instituição do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que têm como finalidade coordenar e integrar as ações relativas aos recursos hídricos no estado. A lei também estabelece a necessidade de planos e programas para o gerenciamento dos recursos hídricos, bem como a obrigação de outorga para o uso da água e a cobrança pelo seu uso, visando à sustentabilidade do uso dos recursos hídricos.

O movimento proporcionou ainda a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba. Após 20 anos de esforços e muita mobilização da sociedade, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba (CBH Parnaíba) foi instituído pelo Presidente da República por meio do Decreto nº 9.335, de 5 de abril de 2018. A Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba, somada à área de drenagem do Delta do Parnaíba, abrange uma área de 333.952 km², dos quais 20% estão inseridos no Estado do Maranhão, 75% no Piauí e 5% no Ceará, onde vivem cerca de 5 milhões de habitantes. São 277 municípios sendo 223 piauienses, 35 maranhenses e 19 cearenses.

Entre os múltiplos usos da água na bacia, destacam-se: a geração de energia elétrica (barragem de Boa Esperança); a irrigação (Tabuleiros Litorâneos e Platôs de Guadalupe); e o abastecimento humano. Dentre os principais afluentes do rio Parnaíba, destacam-se: o rio Balsas, o rio Gurguéia, o rio Uruçuí Preto e o rio Poti. Nos inúmeros rios intermitentes existentes, principalmente na porção semiárida da bacia, barragens e açudes garantem o fornecimento de água às populações. Hoje esse movimento trabalha para criação do Comitê de Bacia do Rio Poti cujo presente trabalho visa contribuir para o debate na região da Grande Teresina que é a região que contribui com a maior poluição desse importante corpo hídrico (ANA).

2.7 USO DA ÁGUA NA AGROINDÚSTRIA

A água é um recurso natural fundamental para a agroindústria, sendo utilizada em diversas atividades, como produção de alimentos, limpeza de equipamentos, irrigação e processamento de matérias-primas. O campo da agroindústria é um local físico equipado e pronto para a transformação de matérias-primas advindas da agropecuária, aquicultura, pecuária ou ainda da silvicultura realizadas de uma maneira sistemática. Com a finalidade de prolongar a disponibilidade das matérias-primas às transformando, conseguindo aumentar o prazo de validade, reduzindo a sazonalidade e sempre agregando valor aos alimentos *in natura*, buscando manter suas características originais (BRASIL, 2021).

Há diversas doenças que podem ser transmitidas pela água, causadas por microrganismos patogênicos de origem, humana, animal ou entérica. Transmitidos por meio de água e alimentos contaminados (SANTOS et al, 2013). Sendo a água um fator importante no processo de alimentos, ela deve estar no mínimo potável para poder exercer sua função. De acordo com o Ministério da Saúde (2011), água potável é aquela própria para o consumo humano, onde os parâmetros microbiológicos, químicos, físicos e radioativos estejam no padrão de potabilidade e que não gere nenhum risco à saúde. Sendo assim, o controle das condições sanitárias das águas, precisa estar sendo realizado por meio de uma ferramenta efetiva e a gestão da qualidade usada nas agroindústrias. Necessárias ações voltadas para segurança do consumo, tendo sempre como foco a proteção da saúde pública (PORTO et al, 2011).

A água é essencial na produção de alimentos, desde o cultivo de plantas até a produção de bebidas. Na produção de alimentos de origem animal, como carnes e laticínios, a água é utilizada no abate, processamento e limpeza de equipamentos. A limpeza de equipamentos é

uma das principais atividades na agroindústria, já que equipamentos sujos podem comprometer a qualidade e segurança dos produtos. A água é utilizada na limpeza de equipamentos em todas as etapas do processo produtivo, desde o pré-processamento até o pós-processamento. Segundo Sgarbiero et al. (2016), a limpeza de equipamentos pode representar até 70% do consumo de água na agroindústria. Na produção de alimentos de origem vegetal, a água é utilizada na irrigação, limpeza de equipamentos e na lavagem das culturas. Segundo Lopes et al. (2016), a produção de alimentos é o setor que mais consome água na agroindústria.

A irrigação é uma atividade fundamental na agroindústria, pois garante a produção de culturas agrícolas em regiões de clima seco ou com estação seca prolongada. A água é utilizada na irrigação de lavouras, principalmente em culturas como arroz, milho, soja e café. Segundo FOLEGATTI et al. (2016), a irrigação pode representar até 90% do consumo de água na produção de algumas culturas. E não se pode deixar de falar do processamento de matérias-primas, atividade importante na agroindústria, pois transforma matérias-primas em produtos finais. A água é utilizada no processamento de matérias-primas em diversas etapas do processo produtivo, como na lavagem, cozimento e resfriamento dos alimentos. Segundo Chen et al. (2015), o processamento de matérias-primas é responsável por cerca de 10% do consumo de água na agroindústria.

E por último, a geração de energia que é uma atividade que consome uma quantidade significativa de água na agroindústria, principalmente em usinas de açúcar e etanol. A água é utilizada na produção de vapor para acionar turbinas geradoras de energia elétrica. Segundo Carvalho et al. (2019), a geração de energia pode representar até 40% do consumo de água na agroindústria.

No ano de 2019, o Rio Poti foi por parte encoberto por aguapés, plantas aquáticas, que quando presentes em pequenas quantidades, podem ser benéficas, uma vez que são responsáveis por se alimentar dos resíduos que estão sob a água, tais como esgoto sem tratamento que acabaram sendo lançados sobre o rio, mas, quando presentes em quantidade muito maiores podem causar prejuízos dificultando a vida tanto dos peixes quanto dos pescadores, além de outros impactos socioambientais. A eclosão dessas plantas mostra que a qualidade da água daquela parte do rio não está muito boa e que o rio está muito poluído (G1 PIAUÍ, 2019).



Aguapés. Foto: Ronnyel Seed. Disponível em: <https://piauihoje.com/noticias/especiais/pescadores-estao-ha-duas-semanas-sem-poder-pescar-e-prejuizo-chega-a-mil-reais-338708.html>



Rio Poti tomado por aguapés no período menos chuvoso. Foto: Ronnyel Seed. Disponível em: <https://piauihoje.com/noticias/especiais/pescadores-estao-ha-duas-semanas-sem-poder-pescar-e-prejuizo-chega-a-mil-reais-338708.html>

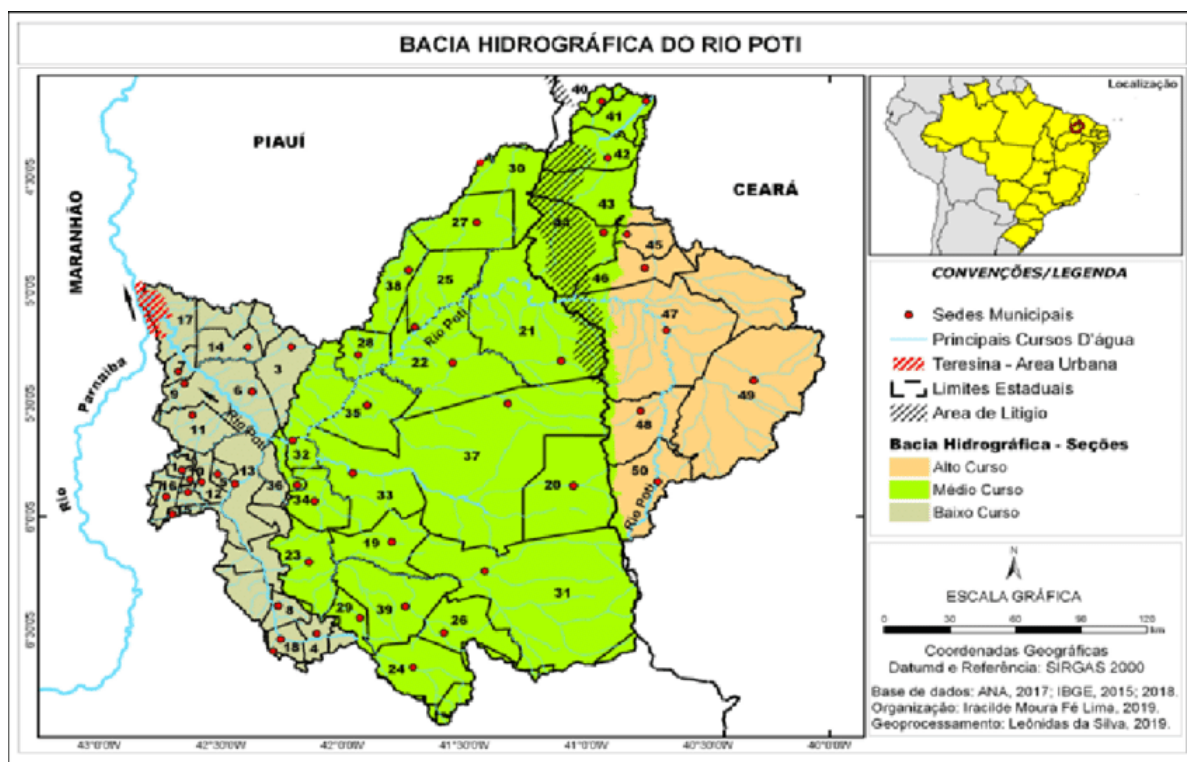
A diferença do tratamento da água direcionada para o consumo humano para a água de uso na agroindústria é que nem toda a água que é vista como própria para o consumo humano e animal, possui uso para outros fins. A água para consumo da agroindústria precisa ter um grau de dureza baixo, assim como de turbidez, cor, sílica, manganês, sais dissolvidos, ferro e outros elementos (PORTO et al, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Rio Poti, em um recorte geográfico de aproximadamente 18 Km, na área urbana de Teresina – PI, no trecho entre as pontes Wall Ferraz e a ponte do Poti Velho, durante todo o ano, independente de sazonalidade, para alcançar respostas para os períodos seco e chuvoso. Este rio banha os estados do Ceará e Piauí, tendo a extensão total de 538 km da nascente à foz, e sua bacia abrange uma área total de 52.370 km², dos quais 38.797 km² estão no Piauí e 13.573 km² no Ceará, conforme exposto na figura 2.

Figura 2 - Bacia hidrográfica do Rio Poti.

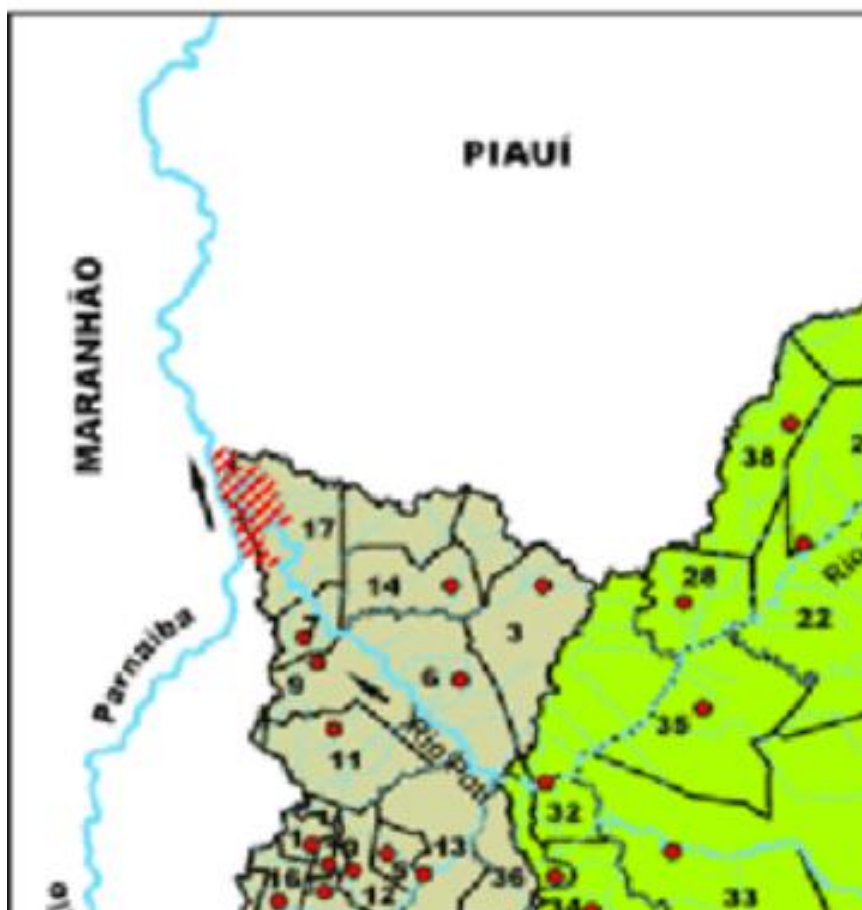


Fonte: Lima e Albuquerque (2020).

A disponibilidade hídrica da bacia do Rio Poti é de cerca de 3,8 bilhões de metros cúbicos por ano, segundo o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Parnaíba, elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com os comitês de bacia e instituições parceiras. O rio Poti apresenta, na sua foz, ao encontrar o Rio Parnaíba, em Teresina - PI, onde depõe suas águas, no trimestre mais seco, vazão média da ordem de 5,6 m³/s (DAMASCENO

et al. 2008). As maiores finalidades econômicas do Poti são o abastecimento d'água, pesca e turismo.

O foco do presente estudo mira a área mais próxima de sua foz, à altura do maior espaço habitacional das classes econômicas A e B, da cidade de Teresina - PI. A área de pesquisa deste trabalho vai envolver o espaço que vai do Parque Municipal da Floresta Fóssil à foz do Rio Poti, faixa de aproximadamente 18 km de extensão. Neste espaço estão localizados nas proximidades do rio, beirando sua mata ciliar algumas dezenas de edifícios residenciais, três shoppings centers, cinco pontes rodoviárias que passam por sobre as águas do Poti, uma estação de tratamento de esgotos e um conjunto de dragas em operação. Há ainda neste trajeto quatro parques ambientais: Parque da Floresta Fóssil, Parque Zoobotânico, Parque da Cidade e o Parque do Encontro dos Rios.



Recorte da Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Poti. **Fonte:** Lima e Albuquerque (2020).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema em estudo, em revistas, teses, dissertações, livros, manuais técnicos e leis buscando uma maior familiarização com o objeto de estudo. Em seguida, foram realizadas visitas para definição dos locais de coletas para uma observação direta e georreferenciamento, posteriormente, foi realizado o planejamento e preparação do material a ser utilizado nas coletas de água.

Os quatro pontos onde foram feitas as coletas da amostra de água para a pesquisa estão demonstrados na Tabela 1:

Tabela 1 - Local de captação das amostras

Sigla	Local	Latitude	Longitude
P-A	Ponte Wall Ferraz	5°05'39.9"S	42°46'48.1"W
P-B	Ponte Juscelino Kubitschek	5°04'55.9"S	42°47'41.1"W
P-C	Ponte da Primavera	5°03'48.6"S	42°48'25.2"W
P-D	Ponte Poti Velho	5°01'59.8"S	42°49'44.1"W

Fonte: elaborado pelo autor

Pontos de coleta das amostras de água do Rio Poti:



Ponte Wall Ferraz. Disponível em: <https://www.google.com.br/search>



Ponte Juscelino Kubitschek (Licença: Domínio público. Foto: Liminhathe). Disponível em: <http://wikimapia.org/160138/pt/Ponte-Juscelino-Kubitschek>



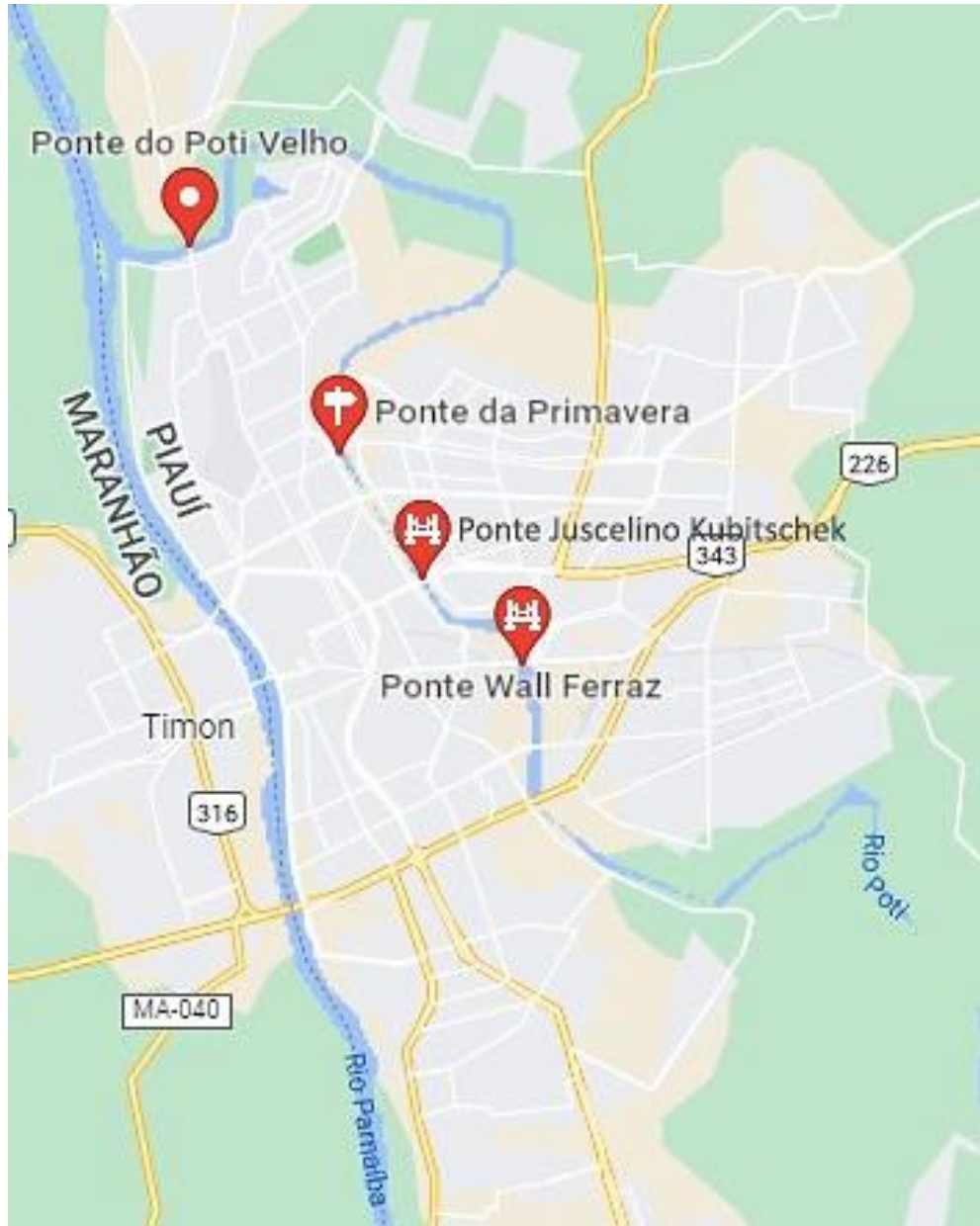
Ponte da Primavera. Foto: Ronnyel Seed. Disponível em: <https://piauihoje.com/noticias/especiais/pescadores-estao-ha-duas-semanas-sem-poder-pescar-e-prejuizo-chega-a-mil-reais-338708.html>



Ponte Poti Velho. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia>

Na figura 3 pode ser observado a localização das pontes onde foram coletadas as águas para amostragem da pesquisa.

Figura 3 - Localização das Pontes no Rio Poti



Fonte: Google Maps

A água foi coletada diretamente do rio, em pontos específicos: sob as pontes Wall Ferraz, Juscelino Kubitschek, Primavera e Poti Velho. Os pontos foram selecionados em virtude da acessibilidade. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos de

5 L, os quais foram lavados três vezes com a água a ser coletada do próprio rio, sendo inicialmente feita sua homogeneização e, em seguida, coletadas as amostras da água definitivamente. Para cada repetição do experimento, foi realizada uma coleta de amostras, em recipientes plásticos de 5 L de volume, desinfetado previamente com hipoclorito de sódio 1%, conforme método utilizado por Paula e Fernandes (2018).

Figura 3: Imagem feita durante uma das coletas de amostras.



Fonte: Próprio autor

Em seguida foram realizadas as análises físico-químicas da água coletada. As variáveis analisadas foram pH, Turbidez (NTU), Condutividade Elétrica (dS.m-1) e Demanda Química de Oxigênio DQO (mg/L). Toda obtenção das variáveis em estudo seguiram as instruções do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005), de acordo com o apresentado no Tabela 2.

Tabela 2 - Metodologias empregadas nas análises dos parâmetros estudados

Parâmetro Analisado	Unidade	Metodologia
pH	-	pHmetro
Turbidez	NTU	Turbidímetro
Condutividade Elétrica	dS.m-1	Condutivímetro
DQO	mg/L	Frascos Padrão

Fonte: APHA *et al.* (2005).

As análises dos parâmetros pH, Turbidez e Condutividade Elétrica foram realizados *in loco*, após cada coleta com o pHmetro, Turbidímetro e Condutivímetro, respectivamente. Já o parâmetro DQO foi analisado no Laboratório de Referência em Dessalinização da Universidade Federal de Campina Grande/LABDES, Campus Sede. As amostras foram acondicionadas em um isopor e levadas imediatamente ao LABDES para evitar alterações substanciais na amostra coletada. As datas das coletas nos quatros locais pré-determinados foram: 29/07/2021, 26/11/2021 e 02/02/2022.

Após a comparação dos dados referentes à qualidade da água, nos diferentes pontos e épocas, levando em consideração a razão entre a população atendida com esgotamento sanitário e a população do município; enquanto em relação ao tratamento considerou a razão entre o volume de esgoto tratado e a diferença entre o volume de água consumida e o volume de água exportada, utilizando a Resolução nº 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), apresentar soluções que visem mitigar os impactos à luz das áreas da Engenharia, Agronomia e Geociências, e ações antrópicas no Baixo rio Poti.

5 DISCUSSÃO

O Projeto de monitoramento e avaliação da qualidade de água do Rio Poti, no perímetro urbano da cidade de Teresina, em época e localizações distintas de coleta da amostragem, componentes do projeto de uso da água para os diversos fins, com ênfase na sua utilização em sistemas agroindustriais, quantitativamente, atendeu parcialmente aos requisitos para tal avaliação. A coleta feita em três datas distintas – julho, novembro e fevereiro, não foi suficiente para um estudo mais preciso da qualidade da água face à sazonalidade que necessariamente altera as características dos parâmetros, sendo necessária a coleta de amostras de água por um período maior de tempo, ao longo de alguns anos, para uma melhor análise físicas, química e biológica. Entretanto, disponibiliza-se a avaliação feita dos parâmetros analisados relativos à qualidade da água do Rio Poti e seu grau de poluição no percurso urbano de Teresina – PI, que, embora não tenha sido suficiente para determinar com precisão a qualidade da água durante todo o ano, demonstrou que a baixa cobertura de coleta e tratamento de esgotos na cidade de Teresina -PI, especificamente na área urbana, tem provocado uma agressão dos seus corpos d'água, especificamente o Rio Poti, em face de grande aglomeração urbana nas duas margens do referido Corpo D'água.

Há de se ressaltar que a margem direita e esquerda do Rio Poti (Zona Leste e Centro) apresentam boa cobertura de coleta e tratamento de esgotos, o que não seria a falta do esgotamento sanitário o único grande responsável pela poluição nesta área. Porém, apesar da disponibilidade da coleta de esgotos, o grande número de ligações clandestinas de águas residuais nas suas galerias de águas pluviais é hoje o grande vilão da poluição do Rio Poti. Há, aproximadamente, 30 bocas de lobos (galerias) despejando esgotos no Rio Poti, na área urbana, entre as pontes Wall Ferraz e a ponte do Poti Velho, durante todo ano, independente de sazonalidade.

A avaliação dos parâmetros físico-químico dos pontos escolhidos pelo autor deveria atender algumas condições, observando a questão sazonal, posto que durante o verão o Rio Poti reduz substancialmente sua vazão e velocidade por ser represado pelo Rio Parnaíba, o que o transforma praticamente em uma lagoa. Isso aumenta a poluição do Rio no período de verão não chuvoso pelo aumento da concentração de poluente, provocando inclusive o desenvolvimento de algas na área urbana, face o excesso de matéria orgânica pelo despejo de esgotos brutos via galerias pluviais.

Durante o inverno (período chuvoso), a vazão do Rio Poti aumenta, rompe a barreira do Rio Parnaíba e assim há uma diluição e depuração natural do esgoto despejado em seu leito, o que reduz substancialmente o aparecimento de algas e claro, a poluição do corpo d'água, razão pela qual a avaliação de qualidade da água do Rio Poti deve obedecer às coletas atendendo e especificando o período de coleta, o que não está claramente especificado.

Em tempo, a complexidade desse projeto, requer que seja analisada a água do manancial superficial (Rio Poti) dos parâmetros abaixo relacionados, em atendimento ao Art. 42 da Portaria GM/MS nº 888 de 04/05/2021 e resoluções CONAMA 357.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)
- Oxigênio Dissolvido (OD)
- Turbidez
- Cor verdadeira
- PH
- Fosforo Total
- Nitrogênio Amoniacal total
- Parâmetros inorgânicos (anexo 09)
- Parâmetros orgânicos (anexo 09)
- Agrotóxicos (anexo 09)
- Ciano toxinas (art. 43, anexo 12)
- Clorofila (art. 43, parágrafo 1º)
- Coliformes Totais (art. 56, Anexo 1)
- Escherichia coli (art. 56, anexo 1)

Sobremaneira, tais parâmetros e seus devidos monitoramentos asseguram a utilização de água superficial e a sua devida adequação e utilização para os fins propostos. Após informações necessárias sobre a necessidade de amplitude dos parâmetros a serem inseridos para melhor avaliação do Corpo D'água em questão, e, baseado nos parâmetros examinados pelo autor, mesmo sem as informações de sazonalidade climática, fazemos abaixo uma avaliação da qualidade da água em seus diversos pontos de coleta.

Há de se ressaltar que em virtude de não haver definição da classificação do Rio Poti, atribuímos como classe 2 disposto na Seção II, Artigo 15, das resoluções CONAMA 357.

Ponto P – A

Nesse ponto de coleta, todos os resultados dos parâmetros analisados atendem o disposto no artigo 15 da Resolução 357/2005 CONAMA, padrões especificados para águas doces classe 2. Observa-se, entretanto, uma alteração considerável nas concentrações dos parâmetros específicos de poluição e nutrientes como o DBO e nitrato, que aumentam substancialmente no período não chuvoso, o que denota maior contribuição dos esgotos despejados no Corpo D'água em períodos de pequena vazão do Rio Poti. Veja resultados de coletas em 29/07/2021 (período não chuvoso) com resultados de DBO 2,01mg/l e Nitrato de 3,114mg/l e os resultados bem menores nas datas de período chuvoso, coleta 26/11/2021 – DBO 0,48mg/l e Nitrato 0,445mg/l. Coleta 02/02/2022 – DBO 1,90mg/l e Nitrato 0,502mg/l.

Ponto P – B

Os parâmetros analisados nesse ponto, também atende padrões especificados para águas doces classe 2, conforme Art. 15 da resolução CONAMA 357/2005, podendo se destinar a vários usos como paisagismo, função bioclimática, função social espaço para caminhadas e demais atividades.

Nesses resultados observam-se alterações significativas em concentração de nutriente como Nitrato com valores 10 vezes maiores no período não chuvoso com coleta 29/07/2021 e período chuvoso com coleta em 26/11/2021 e 02/02/2022. A Sazonalidade climática se observa pelos resultados de turbidez entre as coletas por arraste de material em suspensão o que mostra maior vazão do rio nesse período chuvoso, os parâmetros de DBO e nutrientes tendem a reduzir por diluição e depuração.

Ponto P – C e P - D

Da mesma forma os parâmetros atendem ao disposto no Art. 15 da resolução 357/2005 – CONAMA. Os resultados de turbidez específica bem os períodos sazonais. Na coleta de 29/07/2021, observa-se também um aumento substancial de nutrientes (Nitrato) em relação aos outros períodos. O aumento substancial de nutrientes, como nitrato, na água pode ser causado por diversas atividades humanas, no caso do Rio Poti, principalmente, pelo lançamento de esgotos sem tratamento adequado e a urbanização. Esses nutrientes quando chegam aos corpos

d'água, promovem o crescimento excessivo dos aguapés e outros organismos aquáticos, causando um fenômeno conhecido como eutrofização, prejudicando sobremaneira a vida aquática e dos ribeirinhos e pescadores.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos através do monitoramento e avaliação da qualidade da água do Rio Poti na região da Grande Teresina-PI, podemos concluir que o recurso hídrico é afetado por múltiplos impactos decorrentes de atividades humanas. Entre os principais fatores que afetam a qualidade da água do rio Poti estão a falta de saneamento básico, a poluição industrial, a ocupação irregular das margens do rio e o desmatamento da mata ciliar.

Apesar de todos os resultados analisados estarem em atendimento ao disposto na Resolução 357/2005 – CONAMA, denota que uma alteração substancial em parâmetros como DBO e nitrato mostrando maior poluição do Corpo D'água no período não chuvoso, visto a diminuição de vazão do Rio Poti, o que provoca sérios prejuízos a finalidade do Corpo D'água, provocando inclusive nos períodos mais secos (BRO BRÓ) o desenvolvimento de plantas aquáticas como aguapé.

No entanto, a proposta de medidas para garantir a conservação e o uso sustentável desse importante recurso hídrico, se bem implementadas, podem trazer resultados positivos significativos para a melhoria da qualidade da água do Rio Poti. Dentre as ações propostas, destacam-se a ampliação do saneamento básico, a implantação de sistemas de tratamento de efluentes industriais, a criação de áreas de preservação ambiental nas margens do rio e a recuperação da mata ciliar.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há de considerarmos aludida pesquisa ora exposta de relevante importância, ressaltando, primeiramente, o cenário brasileiro no que tange a baixa eficácia em referência ao quesito de análise sistemática da qualidade da água de seus corpos hídricos de uma forma geral, o que, em última análise, redundará na fragilidade de suas políticas públicas de gestão integrada voltadas a garantir os níveis adequados de potabilidade e pureza deste que é o principal insumo da humanidade, e, por que não dizer, da vida como um todo.

Numa segunda esfera de importância, entretanto, não menos valiosa, diz respeito ao objeto de estudo em si, a análise da qualidade das águas do rio Poti, especificamente, na zona urbana da mais populosa cidade das que se situam nas suas margens, Teresina, com 871.126 habitantes, em 2021, a poucos quilômetros de sua foz. Sendo, pois, ali, o repositório convergente das águas que fluem de todas as regiões desta imensa bacia hidrográfica, onde observar o seu padrão de qualidade, nos indicará quais elementos poluentes estão presentes, permitindo, com isso, tomar as medidas cabíveis para mitigar, ou mesmo, eliminar os fatores causadores de sua contaminação.

Outrossim, cientes da sua importância, paleontológica, onde encontramos uma das únicas ocorrências de sítio paleontológico de Floresta Fóssil em área urbana do mundo, na exata altura onde será efetuada a pesquisa, sendo o rio Poti possuidor de um dos mais importantes complexos arqueológicos de gravuras rupestres das Américas, situado no seu médio curso; tendo sido o mesmo, uma das rotas de povoamento na colonização europeia pós século XV, na face ocidental do nordeste do Brasil, bem como por ter sido a bacia do Poti um fator preponderante na formação da sociedade piauiense, restando evidente a validação e necessária consecução do referido trabalho científico, em nome da sustentabilidade local e universal.

É de se ressaltar nesse contexto, a singular importância dessa bacia hidrográfica para o regular, salutar e necessário interligamento e, obviamente, um correto funcionamento do Sistema Agroindustrial da Grande Teresina, fato que vem a corroborar com um acertado, consequente e eficaz Balanço de Massas. Assim, um adequado estudo de balanço hídrico possibilitará proceder análises de disponibilidade de água e seu gerenciamento, e também, verificar a correta aplicação de modelos hidrológicos e o entendimento das relações entre a água armazenada e seus fluxos, passando por medições representativas destes fluxos na escala da bacia hidrográfica em comento.

Portanto, é imprescindível que as autoridades públicas e a sociedade em geral estejam engajadas no processo de conservação e uso sustentável da água do Rio Poti, garantindo sua disponibilidade para as gerações presentes e futuras. Somente com a adoção de medidas efetivas será possível assegurar a qualidade da água e a sustentabilidade ambiental da região.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (ANA). **Bacia Hidrográfica do Rio Poti**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/gestao-territorial/bacias-hidrograficas/parnaiba/poti>. Acesso em: 25 abr. 2023.

AQUIM, P.M. **Balanço de massa: uma ferramenta para otimizar os processos de ribeira e curtimento**. 2004. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em engenharia. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5049>>. Acesso em setembro de 2022.

ARAÚJO, M.C.; et al. **Análise da qualidade da água do riacho Cavouco - UFPE**. Recife, PE. 2013. Disponível em <http://www.unicap.br/encontrodasaguas/wp-content/uploads/2013/07/Marlyeta-Chagas-deAraujo-ufpe-Trabalho_2073002545.pdf> Acesso em julho de 2022.

ARAÚJO, J. L. B. et al. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Poti, Piauí**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: SBEA, 1999. p. 1-10

BRASIL. Agência Nacional de Águas (Ana). **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Disponível em <https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf> . Acessado em 30 de julho de 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. 2014. Disponível em <<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdcbc-8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>>. Acesso em julho de 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Indicadores biológicos de qualidade da água (coliformes totais, Escherichia coli e Cryptosporidium) e o impacto das doenças de veiculação hídrica: estudo de caso - Parque Cuiabá, Cuiabá (MT)**. 2005. Disponível em <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/275000/%5B13%5D-2419370_Documento_INDICADORES_BIOLOGICOS_DE_QUALIDADE_DA_AGUA.pdf/0b087695-2755-4fd3-98c0-536e47ef6880?version=1.0>. Acesso em julho de 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. 2006. Disponível em <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em julho de 2022

CÂMARA, F.M.M. **Avaliação da qualidade da água do rio Poti na cidade de Teresinha, Piauí**. Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Campus Rio Claro, 2011.

CÂMARA, F.M.M. **Avaliação da qualidade da água do rio Poti na cidade de Teresinha, Piauí**. Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Campus Rio Claro, 2011.

CHEN, X., Wang, Y., & Huang, X. (2015). **Water footprint assessment for agricultural production: a case study of Pinggu district, Beijing.** *Journal of Cleaner Production*, 103, 737-743. Disponível:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615006113>. Acesso em: 27/04/2023.

COELHO, F. R.; DE RUBIN, J. C. R.; SILVA, A. M. T. C. **Análise de qualidade da água no alto curso do rio meia ponte entre 2013 E 2018.** *Revista EVS-Revista de Ciências Ambientais e Saúde*, v. 47, n. 1, 2021.

CUNHA, F.T.A. **Balanco de massas.** 2013. Monografia apresentada junto à Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de pós gradado em Engenharia de Recursos Minerais. Disponível em <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9XLHGD/1/monografia_fernanda_cunha.pdf>. Acesso em setembro de 2022.

DAMACENO, L.M.O et al. **Qualidade da água do Rio Poti para o consumo humano, na região de Teresina – PI.** *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.3, n. 04, p. 116-130, 2008.

FERNANDES, J.T.G. **Estudo de caso de uma indústria de beneficiamento e envase de água em fase de implantação.** 2017. Monografia apresentada junto à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química. Disponível em <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5529/1/JonatasTGF_REL.pdf>. Acesso em julho de 2022.

FOLEGATTI, M. V., Silva, R. S. da, FOLEGATTI, M. I. S., & de Oliveira, R. F. (2016). **Conservação de água e manejo de irrigação.** *Informações Agronômicas*, 155, 1-20. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146623/1/INFORMACOES-AGRONOMICAS-155-WEB.pdf>. Acesso em: 27/04/2023.

FREITAS, M. B; BRILHANTE, M. O; ALMEIDA, L: **A Importância da Análise de Água para a Saúde Pública em Duas Regiões do Estado do Rio de Janeiro: Enfoque para Coliformes Fecais, Nitrito e Alumínio.** Rio de Janeiro, 2001.

PIAUI. Lei nº 5.165, de 17 de agosto de 2000. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Piauí, Teresina, PI, 17 ago. 2000. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.df.gov.br/legislacao/legislacoes-estaduais/26-legislacoes-estaduais-piaui/347-lei-n-5165-de-17-de-agosto-de-2000>. Acesso em: 27 abr. 2023.

LIMA, M. F. P. et al. **As margens do Rio Poti: o lazer e a identidade cultural dos teresinenses.** *Revista Sociedade & Natureza*, v. 31, n. 1, p. 77-89, 2019.

LIMA, F. M. I; ALBUQUERQUE, S. L. E. **Rio Poti: caminhos de suas águas /** Iracilde Maria de Moura Fé Lima, Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque, organizadores. – Teresina: EDUFPI, 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio Poti. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15760-rio-poti.html?=&t=informacoes&s=geografia&p=rio-poti>. Acesso em: 25 abr. 2023.

LUZZI, J.C. **Atividade antimicrobiana do extrato etanólico de folhas de louro - *Laurus nobilis* L. - frente às bactérias *Escherichia coli* e *salmonella enteritidis***. Monografia apresentada junto a UNIVANTES como requisito para obtenção do título de bacharel em Química Industrial. 2010. Disponível em <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/464/1/2010JoaoLuzzi.pdf>>. Acesso em julho de 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. EMBRAPA. **Condutividade. 2001**. Disponível em <<https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html>>. Acesso em julho de 2022.

MONTEIRO, E. C. A. **O Rio Poti como elemento estruturador da paisagem urbana de Teresina**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA, 6., 2004, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. p. 1-14.

NOGUEIRA, F.F; COSTA, I.A; PEREIRA, U.A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, na Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015.

OKUMURA, A.T.R; et al. **Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 04, p. 1835-1850, 2020.

OLIVEIRA, L.N; et al. **Qualidade da Água do Rio Poti e suas Implicações para a Atividade de Lazer em Teresina. 2014**. Revista da UFPI. Teresina.

OLIVEIRA, M.L.M. **Método de Estimativa de Balanços de Massa e Metalúrgico**. Campinas: Faculdade de Engenharia Química, Unicamp, 1997. 243p. (Tese, Doutorado, Sistemas de Processos Químicos e Informática).

PRADO, R.B.; MACEDO, J.R.; PEREZ, D. **Monitoramento de Indicadores de Qualidade da Água como subsídio à Gestão de Recursos Hídricos em Microbacias do Município de São José de Ubá – RJ**. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Anais. São Luís. 30 de novembro a 03 de dezembro. 2004.

QUINATTO, J. **Avaliação da qualidade da água de um rio urbano utilizando indicadores físico-químicos e biológicos: o caso do rio Carah em Lages/SC**. Dissertação (Mestrado) em Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2017.

RÄDER, A.S. **Avaliação do uso de coagulante orgânico no tratamento de água potável para abastecimento público**. 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 4 a 8 de outubro de 2015. Disponível em: <<https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletoPDF/I-009.pdf>>. Acesso em mai. 2022.

RIGHETTO, A.M; et al. **Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana**. Eng. Sanit. Ambient. 22 (06). Nov-Dec 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522017162357>>. Acesso em julho de 2022.

ROCHA, M.A.M. **Impacto das diferentes frações de fósforo do sedimento de fundo na recarga interna de reservatórios rasos**. Monografia apresentada junto à Universidade Federal do Ceará como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental. Fortaleza. 2018. Disponível em <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45550/1/2017_tcc_mamrocha.pdf>. Acesso em julho de 2022.

ROMA, J.C. **Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável**. Ciência e cultura, v. 71, n. 1, p. 33-39, 2019.

RUBIN, J.C.R., OLIVEIRA, A. M. S., SAAD, A. R., BRITO, G. S. 2008. **Amostragem dos depósitos tecnogênicos associados ao rio Meia Ponte na área urbana de Goiânia-GO**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 9, n. 2, p. 3-14.

SGARBIERO, R., Costa, M., CREMASCO, M., & Tonetti, A. L. (2016). **Avaliação do consumo de água na limpeza de equipamentos na indústria de processamento de tomate**. Engenharia Agrícola, 36(5), 876-884.

SILVA, D.B. **Qualidade de água e sedimento em reservatório**. Dissertação (Mestrado) em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear- Materiais. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2016.

SILVA, E.R.A. **Agenda 2030: ODS-Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2018.

SILVA, M.P; CAVALLI, D.R; OLIVEIRA, T.C.R.M. **Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e Petrifilm EC na detecção de coliformes totais e Escherichia coli em alimentos**. Food Sci.Technol 26. 2006. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000200018>>. Acesso em julho de 2022.

SOARES, S.R. **Gestão e planejamento ambiental**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFSC. 2006. Disponível em <<https://pt.slideshare.net/materiaissustentabilidade/gesto-e-planejamento-ambiental>>. Acesso em setembro de 2022.

VASCO, A.N. **Monitoramento, análise e modelagem da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Sergipe do Curso em Agroecossistemas. Sergipe, 2011.

VIEIRA, B.M. **Analisando a Quantidade da Água e de sua Compatibilidade com os usos em Microbacias Hidrográficas Rurais com Deficit Hídrico Quantitativo**. 2015. Vitória. P.20.

VITÓ, C.V.G; et al. **Avaliação da qualidade da água: determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região noroeste fluminense**. 2016. Acta Biomedica Brasiliensia / Volume 7/ nº 2/ Dezembro de 2016. Disponível em

<<https://ctec.ufal.br/professor/elca/Polui%C3%A7%C3%A3o%20das%20%C3%A1guas.pdf>>
. Acesso em julho de 2022.